



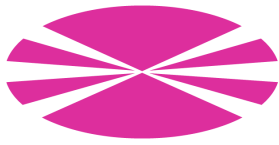
TESIS DOCTORAL

**APORTES A LA PERSPECTIVA GEOLÓGICA E
HIDROGEOLÓGICA REGIONAL EN EL SECTOR CENTRO
ESTE DE LA CUENCA CHACOPAMPEANA**

Presentada por
Lic. Daniel Pablo Mársico

Director
Dr. Juan Ramón Vidal Romani

Co director
Dr. Eduardo Luis Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TESIS DOCTORAL

**APORTES A LA PERSPECTIVA GEOLÓGICA E
HIDROGEOLÓGICA REGIONAL EN EL SECTOR
CENTRO ESTE DE LA CUENCA
CHACOPAMPEANA**

**PRESENTADA POR
LIC. DANIEL PABLO MÁRSICO**

**DIRECTOR
DR. JUAN RAMÓN VIDAL ROMANÍ**

**CO DIRECTOR
DR. EDUARDO LUIS DÍAZ**

EN MEMORIA DE PABLO E INÉS

**“QUE EL TREPANO TOQUE
Y SE HUNDA EN
GUALEGUAYCHULIA”**

**JUAN JOSÉ NÁJERA
(1887-1966)**

CAPITULO 1

1 – INTRODUCCIÓN

| | |
|------------------------------------|---|
| 1.1 Justificación | 3 |
| 1.1.a Estructura del trabajo | 3 |
| 1.2 Objetivos | 4 |
| 1.2. a General | 4 |
| 1.2. b. Específicos | 4 |
| 1.3. Hipótesis | 5 |
| 1.4. Agradecimientos | 5 |

INTRODUCCION

1.1 Justificación

Ya transitada la primera década de siglo XXI no existen dudas sobre el importante papel que tiene el agua como recurso imprescindible y básico en nuestro entorno natural ya que interviene de manera directa e indirecta en la mayoría de las actividades que realiza el hombre, llegando a convertirse incluso, en un factor fundamental a la hora de planificar un territorio.

Podemos decir entonces sin temor a equivocarnos que este elemento se ve influenciado por la intervención humana y esta a su vez lo es por el agua; esto hace entonces que toda actividad sobre este indicador tenga una gran repercusión sobre el ambiente físico y sociocultural de una población.

Si podemos designar a estas intervenciones de una manera general las mismas pueden ser: por alteración del régimen hidrológico al desviar o extraer agua para distintos usos, al almacenar cauces para regular su desplazamiento o bien volcando efluentes que difieren de la naturaleza original del recurso.

La consecuencia de estas acciones va a provocar un significativo deterioro de su calidad físico-química y por ende un aumento en la vulnerabilidad y una disminución en la capacidad de autorecuperación; comprometiendo paralelamente los recursos naturales asociados. (Mársico 2010)

En conocimiento de las implicancias y la repercusión que iba a tener el tema la prospección geológica y geofísica de reservorios de aguas termominerales tuvo su origen en la provincia a principio de la década del 90 a través de las investigaciones realizadas por diferentes organismos estatales, provinciales y emprendimientos particulares, poniendo en evidencia a partir de esa fecha la existencia de un recurso del cual hasta ese momento solo se infería su presencia.

A raíz de estos estudios hoy se concentran en el ámbito provincial 18 “sondeos profundos”, denominados así pues todos ellos sobrepasan los 500 metros bajo boca de pozo (m.b.b.p.) y explotan efluentes termales de una variada mineralización provenientes de las unidades geológicas más profundas y antiguas de este sector de la cuenca chacoparanaense.

Si bien estas perforaciones han realizado un importante aporte al conocimiento geológico, hidrogeológico e hidroquímico de la región la información que existe está dispersa en trabajos realizados por variados organismos ya sea internacionales, nacionales y provinciales; como así también de diferentes universidades de la región sumado todo esto a la infinidad de trabajos publicados por profesionales independientes.

1.1.a Estructura del trabajo

La presente tesis se compone de 4 capítulos abordando en cada uno de ellos el tema de las perforaciones profundas desde los diversos ángulos que componen sus procedimientos y resultados.

La parte inicial abarca los capítulos uno y dos; centrándose el primero de ellos en la presentación de los objetivos del estudio e hipótesis de trabajo.

En el comienzo del segundo capítulo se sintetizan las condiciones geográficas y ambientales de la provincia; para seguir con la descripción de la metodología empleada durante el proceso de elaboración de la tesis; a la cual se le dio inicio con una recopilación exhaustiva y análisis detallado de la información existente para luego pasar a

describir el estado actual en el que se encuentran los conocimientos específicos sobre el tema.

Seguidamente se hace mención a las tareas realizadas en el campo abarcando todos los pasos de la investigación, ya sean estos técnicos, geológicos, geofísicos, hidrogeológicos e hidroquímicos.

Aquí es menester aclarar que se han tomado como referentes principales los sondeos realizados dentro del ámbito de la provincia de Entre Ríos, incorporando perforaciones de apoyo fuera de este entorno y que servirán para rectificar o ratificar los modelos propuestos.

En el tercer capítulo se presentan los resultados obtenidos en la etapa anterior, destacando entre otras cuestiones los conceptos básicos que permiten un adecuado y preciso control geológico en boca de pozo; las columnas litoestratigráficas de los sondeos, sumado todo esto a datos precisos y actuales sobre la composición fisicoquímica de las aguas termominerales alumbradas.

En el capítulo cuarto, última parte de la tesis se precisa cuales fueron las conclusiones obtenidas como así también una serie de consideraciones tendientes a orientar los procedimientos, legales, técnicos y ambientales que deberán tener en cuenta los futuros emprendimientos.

1.2 Objetivos

1.2. a. General

La propuesta principal de este texto es desarrollar un aporte al modelo hidrogeológico e hidroquímico conceptual integrado de las coladas lávicas y sus intercalaciones como así también de las formaciones y niveles acuíferos infrabasálticos del subsuelo de Entre Ríos tomando como referencia las perforaciones profundas realizadas entre el año 1994 y la actualidad.

1.2. b. Específicos

De manera secundaria se pretende:

- Introducir en la literatura científica que aborda el tema la denominación técnica correcta de las perforaciones existentes de manera que sus características principales puedan ser entendidas bajo cualquier tipo de lectura.
- Centralizar la información técnica, geofísica, geológica e hidroquímica generada por las perforaciones.
- Brindar información sobre los procedimientos a seguir para desarrollar una perforación que cumpla con las normas del buen arte en la materia.
- Acercar nuevas propuestas para diversificar el uso del recurso hidrogeotérmico.
- Proponer criterios de manejo del efluente identificando acciones que puedan ser incorporadas a la política de gestión actual (Leyes provinciales 9678 y 9714).
- Brindar nuevos elementos de juicio para la planificación integral de futuros trabajos exploratorios atendiendo a preservar la biodiversidad mediante la protección de los ecosistemas.

- Disponer de un inventario actualizado de los recursos termales disponibles, y mapeo integral del territorio provincial respecto del mismo.
- Proponer la normalización de la información técnica que se genera en las etapas previas, durante y posteriores al sondeo.
- Procurar el conocimiento científico del efluente termal en todos sus aspectos técnicos, ya sean de estudio como de exploración y/o perforación para su mejor aprovechamiento.

1.3. Hipótesis

Tomando lo expuesto anteriormente me permite fundamentar las siguientes hipótesis:

- Que es posible lograr a través del conocimiento de la relación que existe entre los aspectos geoestructurales e hidroquímicos de este sector de la cuenca una explotación del efluente de manera conforme con el entorno natural sin comprometer su vulnerabilidad ni la disponibilidad de sus recursos.
- Que a pesar de la complejidad y diversidad de los procesos involucrados en la yacencia y la dispar mineralización de las aguas termominerales que presenta el subsuelo profundo del área estudiada, sumado a la plena aplicación de los instrumentos legales vigentes es posible lograr que el uso del efluente termal no comprometa la vulnerabilidad del entorno natural ni la disponibilidad de sus recursos.
- Que siguiendo los lineamientos resultantes del trabajo es posible realizar un aprovechamiento integral del recurso sin comprometer su disponibilidad en aquellos casos donde se explota agua dulce y que no se verá comprometida la vulnerabilidad del ambiente natural en aquellos casos que los sondeos que han alumbrado aguas con alta mineralización.

1.4. Agradecimientos

Es muy difícil que en unos pocos renglones pueda agradecer a tantas personas que colaboraron para que este trabajo se viese materializado y es muy posible que si tengo que nombrarlas a todas, seguramente, me olvidaría de muchas.

Pero esta razón no me impide expresar mi más profundo agradecimiento, a Dios por haberme dado primero la esperanza y luego la fuerza y la voluntad para concretar un sueño que al principio me parecía imposible.

Tampoco sería justo que olvide a mi familia, principalmente a María Marta que con su constante apoyo logro que me “sentara” y volcara en palabras tantos años de trabajo; y a mis hijos Paula, Juan y Victoria a los que muchas veces tuve que dejar de lado para continuar escribiendo.

No puedo dejar de mencionar mi enorme gratitud para con aquella persona que desde lo profesional me impulso a recorrer este camino y estuvo a mi lado en todo momento de manera desinteresada; pero sobre todo le doy las gracias por su gran amistad. Gracias Eduardo “DADI” Díaz.

También quiero manifestar mi reconocimiento al Doctor Antonio Paz González, a la doctora Eva Vidal Vázquez, al doctor Juan Ramón Vidal Romaní y a todo el equipo de profesionales de la Universidad de la Coruña e Instituto de Xeoloxía Isidro Parga Pondal por el apoyo y colaboración recibida durante la redacción de la tesis y mi estancia en Coruña.

No quiero olvidarme de hacer una alusión especial a la ayuda recibida por la AECID en la persona del doctor Antonio Pulido Bosch y su equipo, por su cooperación y contribución en la realización de los análisis de agua.

En términos generales le quiero agradecer a todas las autoridades del directorio del Ente Regulador de Termas de la provincia por haberme permitido el acceso y uso de la base de datos de la Institución conforme a lo establecido en el Decreto 1169 - Directiva 29/07 del Poder Ejecutivo Provincial que da derechos de acceso a la información pública dentro del ámbito provincial.

Por último le agradezco a mis colegas, Jorge Tomás y Julio Benítez por sus aportes y lectura crítica del documento y a los demás profesionales que tuvieron la deferencia de compartir conmigo sus conocimientos; a Luis, a Gustavo y su personal por las cosas que me han dejado aprender en estos años de profesión y a Ramiro Tesouro por los conocimientos aportados.

CAPITULO 2

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1 - Ubicación | 11 |
| 2.2 - Reseña geográfica y humana del área de estudio | 11 |
| 2.2.1 Factores físico-químicos | 11 |
| Clima..... | 11 |
| Precipitaciones..... | 11 |
| Humedad | 12 |
| Vientos..... | 12 |
| Áreas de tornados | 13 |
| Humedad | 13 |
| Presión..... | 13 |
| Temperatura | 13 |
| Unidades Litológicas..... | 14 |
| Regiones Geomórficas | 14 |
| Edafología..... | 16 |
| Condiciones Geotécnicas | 19 |
| Hidrología | 21 |
| Río Paraná..... | 22 |
| Río Uruguay..... | 22 |
| Aguas subterráneas..... | 23 |
| Ambiente de acuíferos en sedimentos de la Formación Paraná..... | 23 |
| Ambiente de acuíferos en Formación Ituzaingó..... | 23 |
| Ambiente de acuíferos en la Formación Salto Chico | 24 |
| 2.2.2 Factores bióticos..... | 24 |
| Fauna y Flora..... | 24 |
| 2.2.3 Ambiente socio - económico..... | 26 |
| Agricultura..... | 26 |
| Ganadería..... | 26 |
| Minería..... | 26 |
| Industria | 26 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Vías de enlace y red vial..... | 27 |
| Medios de Comunicación..... | 27 |
| Energía Eléctrica | 27 |
| Turismo..... | 27 |
| Demografía | 28 |
| Entre Ríos y el Mercosur | 28 |
| 2.3 Antecedentes | 29 |
| 2.3.1 Antecedentes geofísicos..... | 31 |
| Los sondeos eléctricos verticales (SEV)..... | 32 |
| Técnica del Sondeo Eléctrico Vertical | 32 |
| Técnica del Sondeo Magneto Telúrico (MT) y Acústico Magneto Telúrico (AMT) | 35 |
| Descripción del método | 35 |
| Descripción del trabajo | 35 |
| Resultados de campo | 36 |
| SEV realizado en la ciudad de Villa Urquiza..... | 36 |
| SEV realizado en la ciudad de Gualeguay..... | 36 |
| SEV realizado en la ciudad de Santa Ana | 37 |
| SEV realizado en la ciudad de Ubajay..... | 37 |
| SEV realizado en la ciudad de Federal..... | 37 |
| SEV realizado en la ciudad de San Jaime de la Frontera..... | 37 |
| SEV realizado en la ciudad de Paraná | 38 |
| 2.3.2 Hidroquímicos..... | 38 |
| 2.3.3 Geológicos | 42 |
| 2.4 - Etapa de Campo..... | 44 |
| Etapa de Prefactibilidad | 44 |
| Etapa de Factibilidad | 44 |
| Localización | 45 |
| Abastecimiento de agua | 45 |
| Piletas y circuito de lodo | 46 |
| Provisión de materiales..... | 46 |
| Prevención de la contaminación y seguridad de las personas | 46 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Comienzo de los trabajos exploratorios | 47 |
| Perforación y colocación de la cañería guía | 47 |
| Perforación de las unidades geológicas | 48 |
| Herramientas del sondeo | 48 |
| Lodos y piletas | 50 |
| Control del lodo | 51 |
| Control de parámetros | 51 |
| Densidad | 51 |
| La viscosidad del lodo | 52 |
| Contenido de arena en el lodo | 53 |
| pH y conductividad | 53 |
| Control del tiempo de perforación | 53 |
| Entubado y cementado | 53 |
| Operaciones que se desarrollan durante la fase exploratoria | 56 |
| Testificación geofísica | 56 |
| Limpieza y desarrollo | 57 |
| Colocación de filtros y engravillado | 58 |
| Ensayos de bombeo | 58 |
| Fin de obra | 59 |
| Controles a realizar por la Inspección de Obra | 59 |
| Control geológico, geofísico, hidroquímico y pruebas hidráulicas | 59 |
| Del muestreo | 59 |
| Análisis del cutting | 60 |
| Del tiempo de retorno | 63 |
| Toma de muestras para la realización de los análisis físico/químicos | 66 |
| Técnica del muestreo | 66 |
| Procesamiento en laboratorio | 68 |
| Análisis de Conglomerados | 68 |
| Componentes Principales | 69 |
| Partes de obra | 70 |
| 2.5 - Etapa de gabinete | 71 |

METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 Ubicación

La provincia de Entre Ríos se ubica en el litoral este de la República Argentina y junto con las provincias de Corrientes y Misiones integran la denominada Mesopotamia Argentina, recibiendo la misma denominación como unidad geológica de acuerdo a la propuesta de Groeber en 1938.

Hacia el este el Río Uruguay la separa de la República Oriental del Uruguay y hacia el oeste y el sur el Río Paraná fija la frontera fluvial entre Santa Fe y Buenos Aires.

Los ríos Guayquiraró y Mocoretá establecen el límite norte con la provincia de Corrientes.

La figura 2. 1 muestra la ubicación de la provincia en el contexto nacional y la 2.2 el sector estudiado dentro del ámbito de la cuenca Chacopampeana.



Figura 2.2. Provincia de Entre Ríos

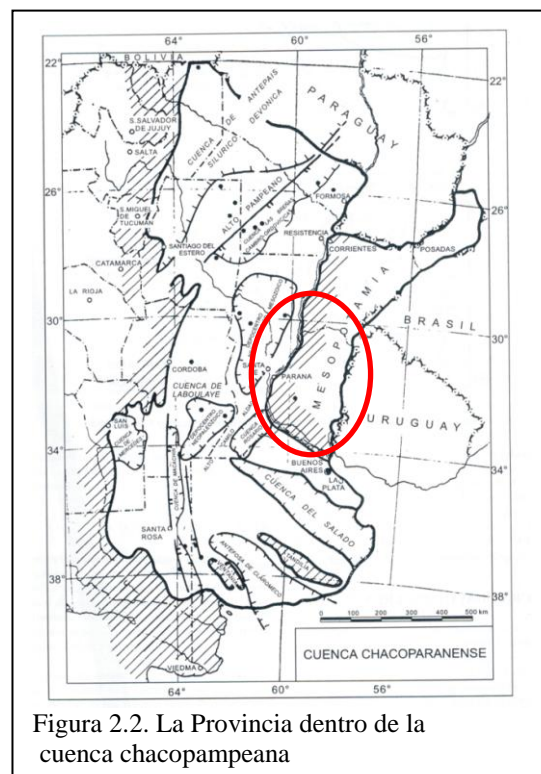


Figura 2.2. La Provincia dentro de la cuenca chacopampeana

2.2 Reseña geográfica y humana del área de estudio

En los párrafos siguientes se describirán las condiciones naturales de la provincia comprendida por el estudio.

2.2.1 Factores físico-químicos

Clima

De manera general la zona pertenece al clima templado húmedo de la llanura, que se caracteriza por su condición de planicie abierta; sin restricciones a la influencia de los vientos húmedos del noroeste y al accionar de los vientos secos y refrigerantes del sudoeste (causantes de los cambios repentinos en el estado del tiempo).

Precipitaciones

La provincia de Entre Ríos presenta un clima húmedo de llanura. Su posición

geográfica intermedia entre el ecuador y el polo hace que las temperaturas promedios se ubiquen en el rango de templadas, entre 17° al sur y 20° C hacia el norte de la provincia; con un régimen regular de precipitaciones durante todo el año.

De acuerdo a la clasificación de Köppen el clima de Entre Ríos es “Caf” templado, húmedo sin estación seca y mesotermal, con veranos calurosos o muy calurosos. Temperaturas del mes más frío entre 0° y 18°C, y del mes más cálido promedios superiores a los 22° C. Según la clasificación de Blair es húmedo por presentar promedios de lluvias entre 1000 y 2000 mm. (Figura 2.3)

En cualquier estación del año o mes puede presentarse sequía o exceso de precipitaciones, por lo tanto le corresponde también la clasificación de clima Isohigro.

Humedad

Los valores de humedad en esta provincia son elevados. El promedio anual en la ciudad de Paraná es de 73%. Los meses con mayor promedio son abril, junio y julio con 79% mientras que enero y diciembre presentan el menor promedio con 65%. En Concordia el promedio anual es también del 73% con un máximo promedio en junio con 81% y un mínimo promedio en enero con 62%. En Gualaguaychú el promedio anual es de 75% con un máximo promedio en junio con 83% y un mínimo del 64% promedio en enero. Los meses de invierno son los más húmedos con frecuentes periodos de nieblas y neblinas matinales

Vientos

En la figura 2.4 se indica la frecuencia de la dirección del viento en las distintas estaciones del año para Entre Ríos. Se visualiza el predominio marcado durante el año de los vientos NE, como la mayor incidencia en verano y primavera de los vientos N, NE, E y SE y el aumento en el otoño e invierno, sin ser predominantes de los vientos S y SO, lo que se debe a un mayor influjo estacional del sistema de presión del Pacífico y Subantártico. En general, toda el área se caracteriza por poseer un régimen de vientos con intensidades de suaves a leves, lo que se evidencia en los promedios diarios mensuales que oscilan entre 10 y 12 Km/h.

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)
Fuente: Observatorio Meteorológico de la EEA Paraná INTA. Serie 1971- 2000 (2008)

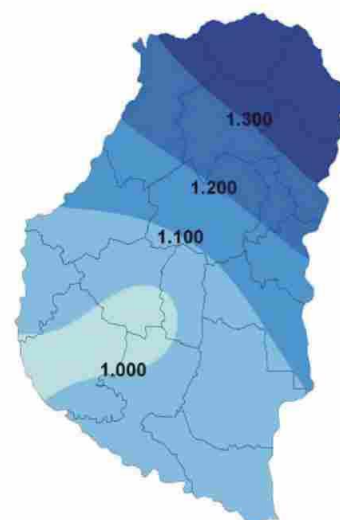


Figura 2.3. Valores de precipitaciones para el territorio provincial

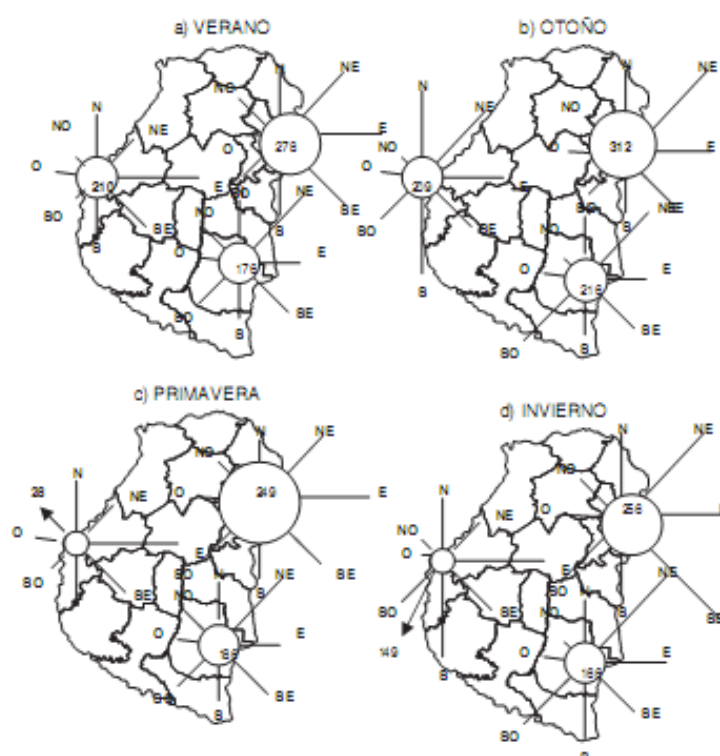


Figura 2.4. Vientos predominantes en la provincia

Áreas de tornados en la República Argentina.

En la imagen de la derecha se representa la zonificación de las áreas de tornados de acuerdo a su intensidad y frecuencia. (Figura 2.5)

Humedad

Los valores de humedad en esta provincia son elevados. El promedio anual en la ciudad de Paraná es de 73%.

Los meses con mayor promedio son abril, junio y julio con 79% mientras que enero y diciembre presentan el menor promedio con 65%. En Concordia el promedio anual es también del 73% con un máximo promedio en junio con 81% y un mínimo promedio en enero con 62%. En Gualeguaychú el promedio anual es de 75% con un máximo promedio en junio con 83% y un mínimo del 64% promedio en enero. Los meses de invierno son los más húmedos con frecuentes periodos de nieblas y neblinas matinales.

Presión

Los promedios anuales de presión atmosférica a nivel del mar, otorgan una media de unos 1014 hpa en todas las estaciones de medición. Así el promedio anual en Paraná es de 1014,5 hpa, en Concordia de 1014,8, en Gualeguaychú de 1014,2 y en Mazaruca de 1014,4 hpa.

Los meses cuyos promedios son mayores resultan ser los de invierno. En julio el promedio en Paraná es de 1018,8 hpa, en Concordia de 1019,2 y en Gualeguaychú de 1018,4 hpa. En tanto que enero es el mes con menor promedio de presión (Paraná 1010,0 hpa, Concordia 1010,1 hpa, Gualeguaychú 1009,5 hpa y Mazaruca 1009,3 hpa)

Temperatura

En la provincia, se desarrollan las cuatro estaciones del año. La temperatura media anual de Paraná es de 18°, de Gualeguaychú 17,6°, en Concordia de 19,0, en La Paz de 19,6° y en Mazaruca al sur de la provincia de 17,3°. (Figura 2.6) Las invasiones de aire polar, normales en invierno, provocan heladas, en algunos casos fuertes, especialmente en la campiña, en donde las temperaturas llegan a descender varios grados debajo 0°. En verano las temperaturas más altas llegan a ubicarse entre 34° y 38°. En la (Figura 2.7) pueden apreciarse las isotermas aproximadas en donde se gráfica que las temperaturas descienden de norte a sur.

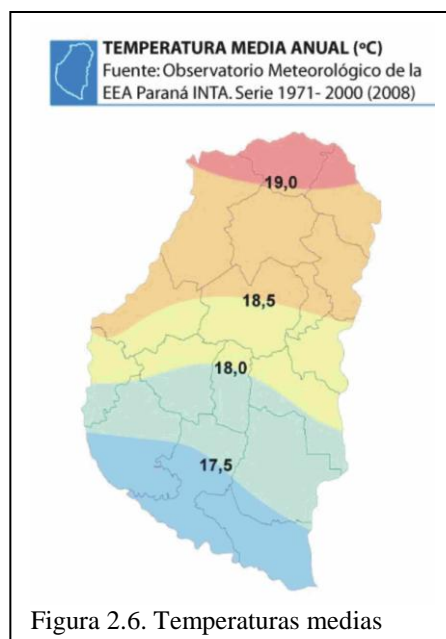
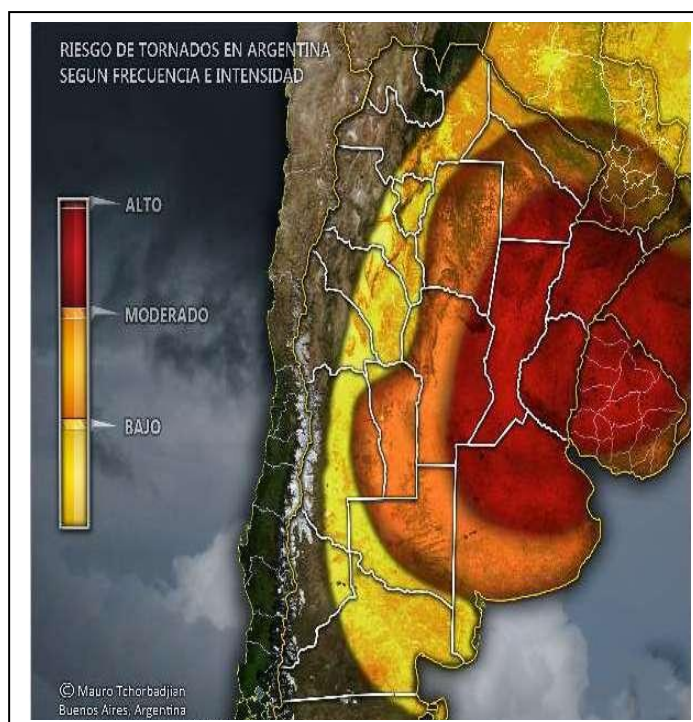


Figura 2.6. Temperaturas medias

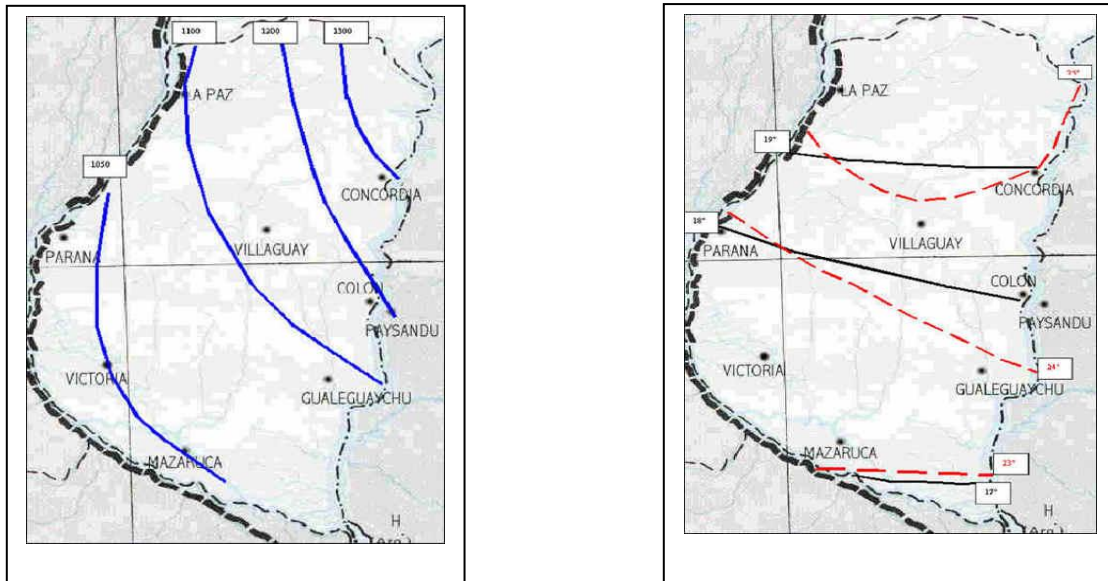


Figura 2.7. Isotermas aproximadas, realizadas a partir de los promedios de T en °C - Debe notarse que el régimen de temperaturas depende de la latitud, las mismas descienden de Norte a Sur. Fuente SEGEMAR Entre Ríos IRN

Unidades Litológicas

Por ser este ítem uno de los temas principales en el cual se centra la tesis, en este apartado solo se incluirá un mapa (Figura 2.8) indicando las litologías superficiales más importantes a nivel provincial, obviando el suelo edáfico y el aluvio - coluvio de los arroyos menores. Las unidades representadas abarcan rocas desde que van desde el Jurásico superior hasta el Holoceno.

Regiones Geomórficas

Pese a la importancia que tiene la morfología superficial de la provincia de Entre Ríos no existen antecedentes de estudios geomorfológicos sistemáticos, por lo menos desde el punto de vista geológico. Debido a la influencia directa sobre las actividades agrícolas, se han hecho estudios por parte del INTA sobre todo considerando la relación morfología-suelos-erosión. En el trabajo "Geomorfología de Entre Ríos" se distinguen siete regiones a saber: (Figura 2.9)

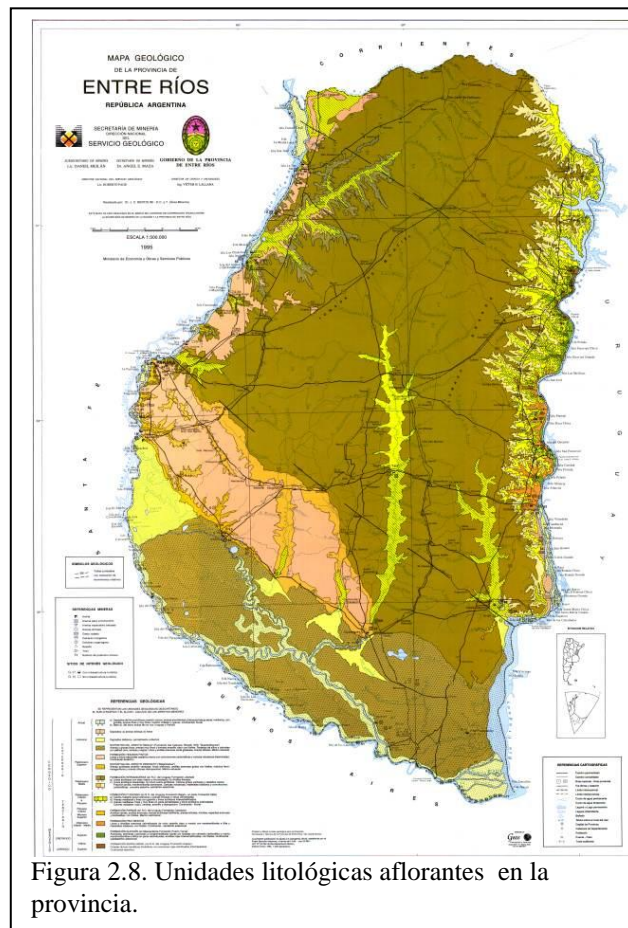


Figura 2.8. Unidades litológicas aflorantes en la provincia.

- Región 1 - Depósitos antiguos del río Paraná
- Región 2 - Superficie Feliciano-Federal
- Región 3 - Faja arenosa del río Uruguay
- Región 4 - Lomadas loésicas de Crespo
- Región 5 - Colinas de Gualeguaychú
- Región 6 - Área de Rosario del Tala

- Región 7 - Complejo deltaico

Depósitos Antiguos del Río Paraná (Región 1)

Esta región se ubica en el extremo Noroeste de la provincia. En ella se manifiestan geoformas típicamente fluviales como por ejemplo terrazas, con otras de típica génesis eólica (dunas del Arroyo Yacaré).

Superficie Feliciano-Federal (Región 2)

Unidad erodada o bastante erodada que se extiende en forma irregular por las partes altas del centro - Norte de la provincia. Se trata de un suelo bien desarrollado y lixiviado que ocupa una “meseta” muy plana con morfología eólica. Son rasgos destacables los “bañados de altura”, áreas de avenamiento difícil de la alta cuenca del río Guauguay y del arroyo Feliciano y las pequeñas lagunas con afluentes poco ramificados de algunos cientos metros de largo que en planta presentan aspecto semejante a neuronas. Se trata entonces de un suelo policíclico desarrollado sobre una superficie originada en clima seco que posteriormente experimentó una fase húmeda que permitió su lixiviación

Faja Arenosa del Río Uruguay (Región 3)

Se desarrolla como una faja discontinua de pocos kilómetros de ancho en el borde oriental de Entre Ríos desde el límite con Corrientes hasta la latitud de Gualeguaychú. En los sectores donde presenta mayor desarrollo areal y espesor es de morfología suavemente ondulada, de carácter eólico, llegando a constituir campos de dunas de hasta dos metros como por ejemplo al Norte de Federación.

Lomadas Loéssicas De Crespo (Región 4)

Esta área es una planicie ondulada a suavemente ondulada, con pendientes cortas y compuestas de 3 - 5% de inclinación. El material de origen eólico (loess) presenta moderado espesor adelgazándose hacia el Este-sureste con el consiguiente afloramiento de los materiales más antiguos subyacentes, arcillosos. Es característica del área la erosión fluvial en épocas de grandes lluvias. En esta región se registran las mayores alturas topográficas del territorio con 1 m.s.n.m.

Colinas de Gualeguaychú (Región 5)

Ambiente semejante al descrito para la región 4, con lomadas más suaves y desniveles menos abruptos, a tal punto que las alturas máximas no sobrepasan los 65-70 m.s.n.m. El loess presente en esa área presenta mayor proporción de carbonato de calcio.

Área de Rosario del Tala (Región 6)

Esta región, de escaso desarrollo areal, se sitúa en el centro de la provincia. Representa

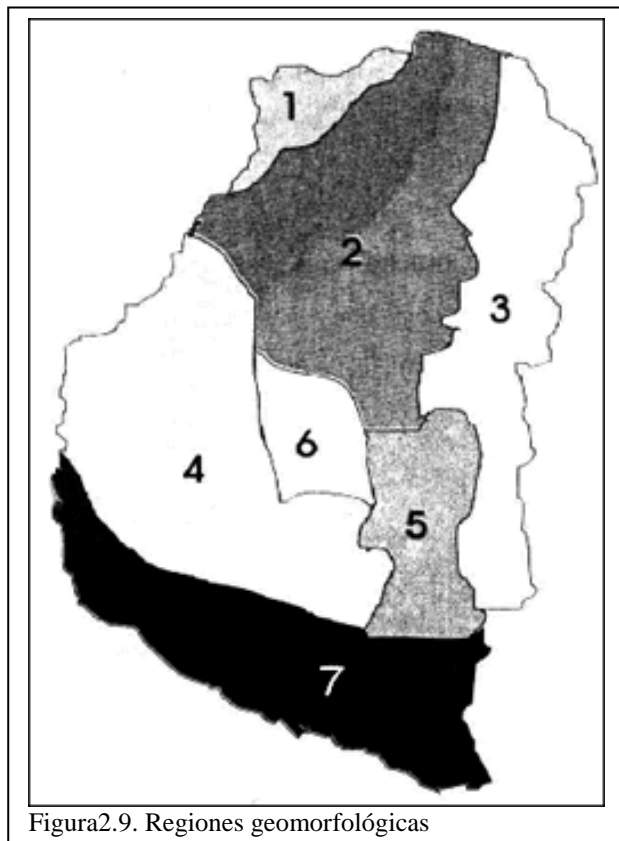


Figura2.9. Regiones geomorfológicas

una transición entre las lomadas loésicas de Crespo y las colinas de Gualaguaychú. Lo que se evidencia en las cotas de superficie. Presenta la característica de actuar como “domo” ya que los cauces escurren en todas direcciones, así el arroyo Durazno y otros menores lo hacen hacia el Norte, el arroyo Cle hacia el sur y hacia Este y Oeste cauces menores afluentes del arroyo Nogoyá y el río Gualaguay respectivamente.

Complejo Deltaico (Región 7)

Está constituido por varias unidades sedimentarias recientes que pertenecen a cuatro fases bien definidas de su evolución a saber: Fluvial, marina, estuárica y fluvio deltaica. Las unidades geomorfológicas que se reconocen según Bertolini (2011.en SEGEMAR-IRN Entre Ríos) son seis:

1. Llanuras de avenamiento impedido: caracterizadas por gran cantidad de lagunas someras y de gran extensión, pantanos y bañados surcados por cauces adventicios que no están por lo general, conectados a los cauces principales.
2. Depósitos de ingresión y regresión: las geoformas representativas son canales de marea, marismas, llanuras de regresión, albuferas, barras y dunas de arenas bien seleccionadas.
3. Llanuras de avenamiento dendrítico: áreas pantanosas y bañados surcados por paleocanales de marea de forma dendrítica, los cuales se van transformando progresivamente en geoformas fluviales. Se extienden por el Sur y centro del delta.
4. Llanura de transición: Es una geoforma de transición entre las llanuras de avenamiento impedido y las llanuras de meandros finos. Presenta una sedimentación interdigitada. Se extiende adosada, en partes, a las barrancas de Diamante y Victoria y en sectores intermedios entre las dos llanuras mencionadas.
5. Llanura de meandros finos y gruesos: Esta geoforma muestra cauces secundarios de escaso ancho y menor caudal, determinando en sus migraciones una sucesión de espiras de meandros finos e irregulares.
6. Llanura de bancos: La componen las islas del cauce principal.

Edafología

Generalidades

Se describen los suelos a niveles de Orden, que cubren la superficie de la provincia de Entre Ríos, por considerar que a los objetivos del presente informe el mismo es suficiente.

Clasificación

Molisoles

Estos suelos, ubicados en una franja paralela al río Paraná, ocupan aproximadamente 1.550.000 hectáreas, (un 20% del área provincial). Se encuentran en parte de los departamentos La Paz, Paraná, Diamante, Victoria, Nogoyá y Gualaguay. A nivel de Subgrupo de suelos, se deben distinguir dos situaciones:

1. Arguidoles típicos (Brunizems)
2. Arguidoles vérticos (Brunizems vertisólicos)

Los primeros, con loess como material madre, son los que se encuentran más cercanos a la costa del río Paraná, en una peniplanicie ondulada, con pendientes de elevado gradiente. Son suelos muy dinámicos donde la morfogénesis predomina sobre la pedogénesis, lo que hace que por lo general sean menos profundos que sus similares del resto de la pampa húmeda. Se caracterizan por presentar una buena capa arable con

horizonte superficial de espesor variable de acuerdo al grado de erosión, bien estructurado y con alto porcentaje de arcillas en los horizontes subsuperficiales.

Son los más aptos para uso agrícola en todo el ámbito provincial, aunque con ciertas limitaciones entre las que se deben mencionar la presencia de un horizonte B₂ textural con mayor porcentaje de arcilla que el horizonte A (horizonte superficial) y el relieve ondulado (ambas características condicionan su susceptibilidad a la erosión).

Los segundos se presentan hacia el este, donde el loess se va mezclando con limos calcáreos. Los mismos se encuentran en una pendiente ondulada pero de menor gradiente que la región anterior. En su parte superficial son los similares a los Argiudoles típicos pero en los horizontes profundos presentan características de Vertisoles. Las tierras que presentan este tipo de suelo son aptas para uso agrícola siendo su limitante la gran susceptibilidad a la erosión.

Vertisoles

Los suelos de este orden son los de mayor distribución en la provincia de Entre Ríos. Ocupan aproximadamente 2.750.000 has, que representan un 34,5%. Se encuentran presentes en parte de los departamentos Feliciano, La Paz, Federación, Federal, Tala, Concepción del Uruguay, Concordia, Colón, Nogoyá, Villaguay, Gualaguaychú y Gualaguay. Se desarrollan sobre una peniplanicie ondulada a muy suavemente ondulada y los materiales originarios son limos calcáreos de origen palustre o lacustre. Las características de estos suelos se refieren a aquellas inherentes al alto contenido de arcillas expansivas. Por lo general son suelos muy oscuros, negros, con un elevado contenido de arcillas con tendencia a contraerse y expandirse al variar su grado de humedad.

En función del uso se pueden hacer tres diferenciaciones:

1. Vertisoles del Sudeste y Noroeste
2. Vertisoles del Centro – Sur
3. Vertisoles del Norte y Noreste

Los primeros son, dentro de los suelos que constituyen este Orden, los más aptos para uso agrícola no continuado. Lino, sorgo y girasol son los cultivos más comunes. La erosión en estos suelos es por lo general leve pero su susceptibilidad a la misma es grande si no se hace un correcto manejo de los mismos, especialmente con cultivos de escarda.

En los segundos, el uso agrícola es algo limitado debido a que los procesos erosivos son más acentuados y la susceptibilidad a ella es mayor. En los últimos, (vertisoles hidromórficos) si bien ni se evidencian problemas de erosión, el uso agrícola es mas limitado que en los anteriores debido a su mal drenaje, excepto cultivos de arroz y eventualmente sorgo.

Alfisoles

Dentro de la provincia, este orden de suelos cubre aproximadamente 850.000 has, que equivalen al 11% de su superficie. Se ubican en las áreas altas planas o muy suavemente onduladas del centro y centro norte (departamentos Feliciano, La Paz, Federal, Tala, Paraná y Villaguay).

A nivel de subgrupo se distinguen dos tipos:

1. Ocracualfes típicos (Planosoles)
2. Ocracualfes vérticos (Planosólicos)

Los primeros se encuentran en áreas planas, sin red de drenaje definida, con horizontes superficiales someros y lixiviados con un cambio muy abrupto del horizonte subsuperficial que es muy denso, oscuro y arcilloso, prácticamente impermeable e impenetrable para las raíces.

Son suelos que muestran muy restringida aptitud para los cultivos ya que los rendimientos son bajos y hay mucho riesgo de fracaso total o parcial de las cosechas. No tienen problemas de erosión pero el drenaje deficiente y las condiciones físicas adversas constituyen una limitación muy severa. Los segundos se encuentran en áreas con pendientes muy suaves.

Cuando el gradiente supera el 1% su susceptibilidad a la erosión constituye una gran limitante. Si bien su aptitud para uso agrícola es algo mejor que la de los anteriores, el mismo debe ser esporádico por el riesgo de erosión. Dentro de la provincia, este orden de suelos cubre aproximadamente 850.000 has, que equivalen al 11% de su superficie. Se ubican en las áreas altas planas o muy suavemente onduladas del centro y centro norte (departamentos Feliciano, La Paz, Federal, Tala, Paraná y Villaguay).

A nivel de subgrupo se distinguen dos tipos:

1. Ocracualfes típicos (Planosoles)
2. Ocracualfes vérticos (Planosólicos)

Los primeros se encuentran en áreas planas, sin red de drenaje definida, con horizontes superficiales someros y lixiviados con un cambio muy abrupto del horizonte subsuperficial que es muy denso, oscuro y arcilloso, prácticamente impermeable e impenetrable para las raíces. Son suelos que muestran muy restringida aptitud para los cultivos ya que los rendimientos son bajos y hay mucho riesgo de fracaso total o parcial de las cosechas. No tienen problemas de erosión pero el drenaje deficiente y las condiciones físicas adversas constituyen una limitación muy severa. Los segundos se encuentran en áreas con pendientes muy suaves. Cuando el gradiente supera el 1% su susceptibilidad a la erosión constituye una gran limitante. Si bien su aptitud para uso agrícola es algo mejor que la de los anteriores, el mismo debe ser esporádico por el riesgo de erosión.

Entisoles

Abarcan unas 650.000 has y equivalen a un 8% del área provincial. Se localizan sobre una franja irregular en la costa del río Uruguay de ancho variable entre 2 y 30 km. (Departamentos Federación, Concordia, Colón y Concepción del Uruguay). Se distinguen dos tipos o casos:

- 1) Suelos arenosos rojizos profundos.
- 2) Suelos arenosos pardos. El primer caso corresponde a suelos que se encuentran irregularmente distribuidos (en forma de lenguas) hasta cota 35 sobre el nivel del mar. Son los más aptos para forestación y plantaciones de citrus.

Sus limitaciones principales son la baja fertilidad y la baja capacidad de retención de agua, lo que los hace prácticamente ineptos para uso agrícola.

Los segundos se ubican entre los 35 y 55 metros sobre el nivel del mar. Son arenosos, con material arcilloso de profundidad variable. Su aptitud para uso agrícola es mayor que los anteriores por que tanto su fertilidad como su capacidad de retención de agua, también son mayores.

A pesar de ser típicos para la zona de transición entre los arenosos rojizos profundos y los Vertisoles, se los encuentra también en otras áreas de la provincia como por ejemplo la desembocadura de los arroyos Feliciano, Las Conchas, Clé, Nogoyá y los ríos Gualeguay y Gualeguaychú.

Delta

Los suelos de esta unidad abarcan unas 1.600.000 has lo que equivale a un 20,5% del área provincial. Ubicados en un típico ambiente deltaico es factible encontrarlos bajo una

de estas dos condiciones:

1. Prácticamente todo el año bajo agua y consecuentemente con una capa de materia orgánica sin descomponer, de profundidad variable, que no los hace aptos para uso agrícola.
2. Mejorados a través de obras de ingeniería (endicamientos, sistemas de drenaje) que permiten esperar rendimientos satisfactorios de forestales y algunos cultivos principalmente hortícolas.

En la figura 2.10 a y b se muestran de manera general los tipos de suelo que se encuentran en el territorio provincial.

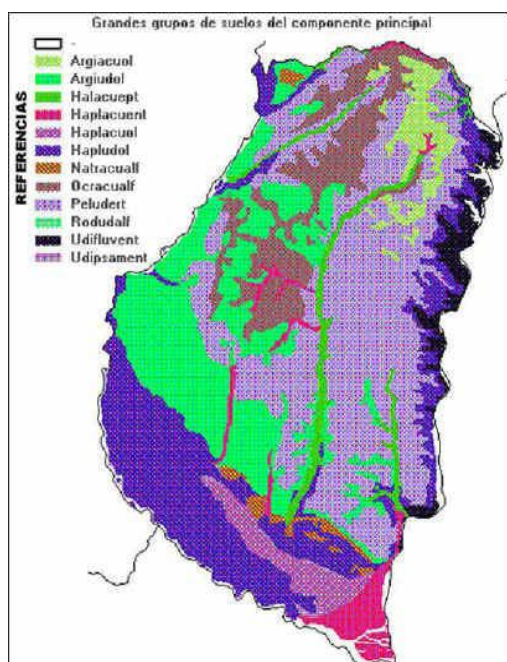


Figura 2.10.a – Grupos de suelos en la provincia

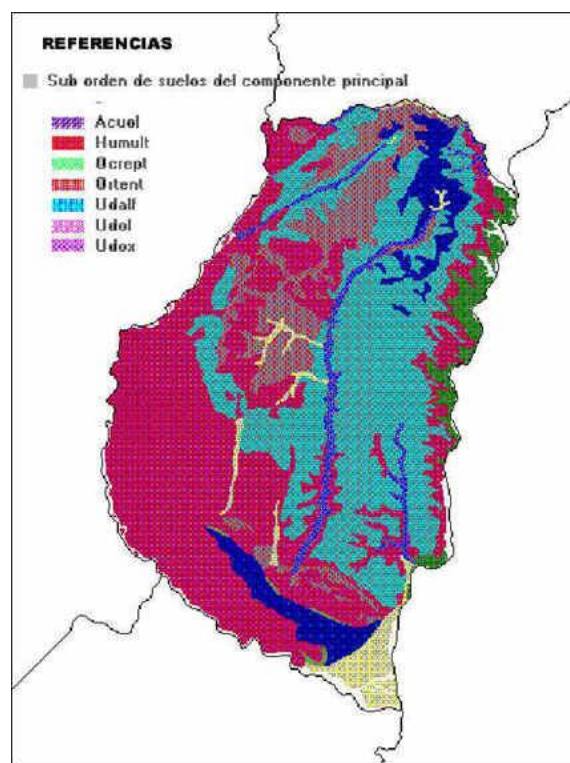
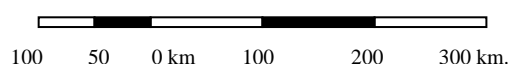


Figura 2.10 b Sub orden de suelos en Entre Ríos

Condiciones Geotécnicas

En la provincia de Entre Ríos, los factores climáticos, geológicos, hidrogeológicos y geomorfológicos permiten identificar distintos ambientes, cada uno de ellos susceptibles a procesos dinámicos de erosión/sedimentación, movimientos en masa (derrumbes, deslizamientos, etc.).

Geotecnia Área ER1

En esta área, los riesgos a consecuencia de inundaciones son casi excluyentes, de allí la importancia del conocimiento sobre la dinámica hídrica local en relación a proyectos de infraestructura (vial, edilicia, etc.) pues toda la superficie que comprende el Delta del río Paraná, está sometida a inundaciones periódicas. De acuerdo a la intensidad de las mismas, serán las consecuencias sobre las obras y el paisaje. Cortes de rutas, colapso de terraplenes, caídas de puentes, caída de torres de alta tensión, etc. son algunas de dichas implicancias. Una excepción la constituye una porción del departamento Islas donde la presencia de médanos de gran arco de radio, con el centro de curvatura dirigido preferentemente al Noreste (lo que está indicando la dirección de migración). Muchas ciudades han debido ser protegidas con obras de defensa (terraplenes) contra

inundaciones como por ejemplo Villa Paranacito y Gualeguay, aunque esta última esté fuera del área.

Geotecnia Área ER2

Esta área ofrece buenas condiciones geotécnicas. De hecho, la construcción de la represa de Salto Grande indica buenos niveles de fundación (basaltos, areniscas) y estabilidad sísmica. No deben dejar de mencionarse las inundaciones que afectan a la periferia de la ciudad de Concordia, emplazada aguas debajo de la citada obra.

Geotecnia Área ER3

Para esta área pueden extenderse las condiciones expuestas para la zona de Concordia, debido a su proximidad y continuidad de condiciones geológicas principalmente. Los estudios geotécnicos más relevantes fueron ejecutados durante el desarrollo del proyecto de construcción del puente internacional Gral Artigas que une Colón (Argentina) con Paysandú (Uruguay). Estos estudios han permitido caracterizar a la Fm Puerto Yerúa, que se erige en el principal nivel de fundación de la obra, y otras unidades geológicas superficiales de acuerdo a sus propiedades mecánicas. Así tenemos:

- Fm Puerto Yerúa (Sección superior)
F (ángulo de rozamiento interno) : $29^{\circ} - 32^{\circ}$
c (cohesión) : 1,00 - 1,20 Kg/cm²
- Fm Salto Chico (Superior)
F (ángulo de rozamiento interno) : 34°
c (cohesión) : 0,05 – 0,08 Kg/cm²
- Fm Salto Chico (Inferior)
F (ángulo de rozamiento interno) : 8°
c (cohesión) : 0,80 Kg/cm²

Geotecnia Área ER4

Junto con el área ER5 esta se constituye, desde el punto de vista geotécnico, como la más compleja y con mayor influencia sobre el medio ambiente por las consecuencias de las condiciones derivadas del clima en conjugación con la geología-geomorfología. A los efectos socioeconómicos de las inundaciones sobre el medio debe sumarse la incidencia de las mismas, mejor dicho de los niveles del río Paraná, sobre la estabilidad de la costa entrerriana. Las características geotécnicas más importantes que se registran en el área son los movimientos en masa, fenómeno que se extiende, con distintas características, desde la ciudad de Diamante hasta algo más al norte de la ciudad de La Paz, reconociendo en este sector las siguientes estructuras y tipos de movimientos en masa que afectan la margen izquierda del río Paraná:

- a. Deslizamientos con plano profundo y planta semicircular.
- b. Movimientos tipo flujo.
- c. Deslizamientos y derrumbes por descalce o modificación del talud de equilibrio.
- d. Erosión con formación de cárcavas.

Los de tipo a) presentan un bloque deslizado que afecta toda la barranca. En planta tienen diseño semicircular con diámetros entre 50 y 300 m.

Estos movimientos de planta semicircular y plano de deslizamiento profundo (por debajo del nivel del río), caracterizan el tramo de costa entre Paraná y Curtiembre.

Los de tipo b) presentan como rasgo más destacado pequeños “cercos” formados en la sección superior de la barranca y de unos 50 – 70 m de diámetro. se presentan aislados o en serie

El fenómeno está vinculado a la presencia de acuíferos freáticos alojados en sedimentos loésicos. Presentan reactivaciones en épocas de lluvias y se manifiestan con mayor frecuencia y tamaño entre Curtiembre y Punta Piragua.

Los de tipo c) son frecuentes en cañadones y arroyos en los tramos próximos a su desembocadura, aunque también se presentan en la barranca del río Paraná donde la acción erosiva de éste produce socavamiento y descalce del pie de barranca.

Se han registrado estos fenómenos en Punta Piragua y en Puerto Celina al Norte de Villa Urquiza.

Por último, los del tipo d), están referidos aisladamente en algunos tributarios menores del río Paraná. Desde Paraná al Sur han sido referidos estos movimientos pero en forma restringida a las proximidades de la ciudad de Diamante (deslizamientos de flujo de gran magnitud en proximidades del puerto y elevadores de la Junta Nacional de Granos) y derrumbes por erosión en arroyos como La Ensenada y Salto, por eliminación del pie de talud.

Otro rasgo geotécnico a tener en cuenta es la intensa erosión hídrica de los suelos. La intensidad de las lluvias, las altas pendientes topográficas y la gran actividad agrícola, han obligado a desarrollar un importante plan de difusión de prácticas de laboreo que minimicen este problema.

Geotecnia Área ER5

La proximidad de esta área con la ER4 (Departamentos Paraná y Diamante) hace

que se consideren válidas lo expuesto en el punto anterior. Sólo restaría destacar que en el sector comprendido entre Santa Elena y La Paz se registran escasos movimientos en las barrancas del río Paraná pero es común la formación de cárcavas en tributarios de 2^{do} y 3^{er} orden.

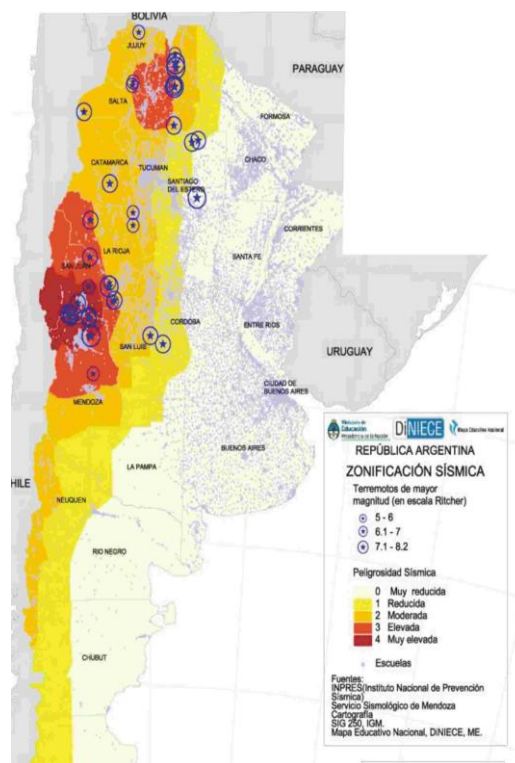


Figura 2.11. Áreas sísmicas de la República Argentina

Sismicidad

En la figura 2.11 se muestra la zonificación del país establecida por el INPRES - CIRSOC 103 donde es posible ubicar el área del proyecto dentro de la zona con riesgo sísmico muy reducido.

Hidrología

Aguas Superficiales

La provincia de Entre Ríos se caracteriza, tal cual lo sugiere su nombre, por una rica y nutrida red hidrográfica. (Figura 2.12).

Un rasgo morfológico importante, íntimamente ligado a la hidrografía, lo constituye el Delta formado en la desembocadura del río Paraná.

El mismo tiene un desarrollo longitudinal de más de 300 km y un ancho promedio de 60 km lo que hace un área de aproximadamente 15.000 km².

A continuación se describen los cursos más importantes de la provincia y que fijan el límite este, oeste y sur de la provincia, los ríos Uruguay y Paraná respectivamente.

Río Paraná

La cuenca del río Paraná abarca una superficie de 2.600.000 km²; su longitud es de casi 4.000 km y su caudal medio de 16.000 m³/seg.

Nace de la confluencia de los ríos Paranaíba y Grande en Brasil y desemboca en el río de la Plata luego de dar origen a un amplio ambiente deltaico (“Delta del Paraná”)

A lo largo de su recorrido presenta características cambiantes y distintivas, producto de diferencias en la geomorfología, la hidrología y la ecología lo que facilita su sectorización.

Distintos autores coinciden en reconocer tres tramos:

Alto Paraná: con un caudal medio de 12.000 m³/seg se extiende desde la desembocadura en su margen izquierda del río Iguazú hasta la confluencia con el río Paraguay.

Paraná Medio: Recorre unos 1000 km a través de una llanura aluvial cuyo ancho varía entre 6 y 40 km de ancho. Es muy similar al tramo anterior en lo que a caudales se refiere ya que la contribución del río Paraguay y otros afluentes no es significativa.

Se extiende hasta la latitud del eje imaginario que une las ciudades de Santa Fe y Paraná.

Paraná Inferior: Este tramo no se distingue del tramo medio desde el punto de vista hidráulico aunque merece destacarse que al sur de Rosario, el Paraná es influido por las mareas y que a la altura de Baradero el río se divide en una serie de brazos que resultan en una conformación dendrítica compleja constituyendo el Delta del Paraná que está en continuo proceso de avance hacia el Río de la Plata.

Río Uruguay

El río Uruguay es uno de los más importantes de América del Sur. Ubicado en las Cuenca del Plata, nace en territorio brasileño en la “Sierra do Mar” como resultado de la confluencia de los ríos Pelotas y Canoas. Después de transitar por algo más de 2.200 Km desemboca en el río de la Plata tras unirse al río Paraná Bravo a la altura de la localidad uruguaya de Nueva Palmira.

Su cuenca, de unos 365.000 km² es compartida entre Brasil, Uruguay y Argentina. En sus nacientes tiene una altitud de 700 m s.n.m. descendiendo a 154 m s.n.m. cuando comienza a oficiar de límite entre Argentina y Brasil.

Se trata de un río de régimen muy irregular con crecidas invernales y estiajes de verano. Antes de que se cerrara la presa de Salto Grande, el curso natural del río, en el sector argentino podía dividirse en cinco tramos (Iriondo, 1991).

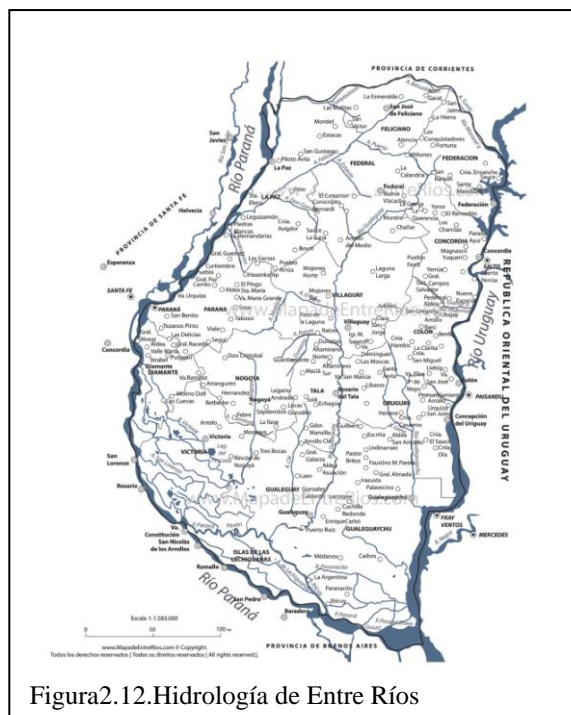


Figura 2.12. Hidrología de Entre Ríos

En el tramo superior el río corre por un cañón meándrico angosto insertado en la “llanura basáltica”.

A la altura de la localidad de Monte Caseros el río sale del cañón hacia una llanura aluvial de unos 5 km de ancho y que se extiende por 70 km.

En el tercer tramo el curso natural del río se hacía más escarpado (a la altura de la localidad de Chajarí) identificándose por un conjunto de rápidos de unos 100 km de largo que se manifiestan hasta algunos kilómetros aguas debajo de Concordia.

A continuación, el río entra en una llanura aluvial de 150 km de longitud, con un cauce móvil con gran cantidad de islas y bancos en continuo desplazamiento. A lo largo de este tramo se puede identificar una amplia terraza aluvial.

El quinto tramo, o curso inferior, se desarrolla desde Gualeguaychú hasta la desembocadura. Está afectado por la marea del río de la Plata y frecuentes sudestadas. El cauce se ensancha hasta alcanzar unos 10 km y no se observa la presencia de islas. Presenta forma de estuario largo y angosto.

Aguas subterráneas

De manera similar a lo que se mencionaba para la geología, la hidrogeología e hidroquímica profunda de la provincia constituyen uno de los argumentos sobre el cual está basada la tesis por tal motivo en los siguientes párrafos solo se mencionaran las características mas importantes de los reservorios suprabasálticos.

Siguiendo en parte el criterio de Fili (1994), expuestos en el trabajo “Investigaciones geohidrológicas en la Provincia de Entre Ríos” se pueden considerar distintos ambientes hidrogeológicos.

Ambiente de acuíferos en sedimentos de la Formación Paraná.

En la Formación Paraná de edad Miocena y origen marino se aloja un importante acuífero que se extiende por todo el Oeste y Sudoeste de la provincia. Se manifiesta como unidad acuífera desde la ciudad de Paraná hacia el Sur.

La secuencia alternante de arcillas de color predominantemente verde a verde azulado con arenas silíceas ha permitido la presencia en estos últimos niveles de un acuífero de salinidad variable desde moderadamente bajas a altas.

Su explotación para consumo humano es destacada en Paraná y algunas localidades vecinas emplazadas entre ésta y Diamante.

Su límite oriental no está aún definido. Filí (1994) lo extienden hasta el río Gualeguay pero esto no está fehacientemente comprobado pues no hay que olvidar que el origen de esta unidad geológica es marino, más precisamente producto de una ingresión, por lo cual la línea de costa y la franja litoral son de formas irregulares.

Para este acuífero se han referido valores de conductividad hidráulica de hasta 35 m/día; caudales característicos (Qc) de 4 a 6 m³/h/m y valores de salinidad (variables en corta distancia) de entre 750 y 2.000 mg/litro.

Ambiente de acuíferos en Formación Ituzaingó.

Este ambiente se desarrolla por todo el sector occidental y noroccidental de la provincia llegando por el Este hasta el río Gualeguay.

Lo que no está muy claro es cuál es su límite por el Sur. Según Filí (Op. Cit.), este límite se sitúa a la altura de la línea imaginaria que une Paraná con Federal.

La aptitud de este acuífero es ampliamente conocida tanto por su calidad química como por los caudales erogados.

Las arenas que constituyen esta formación son de origen fluvial, ocráceas, de color

blanco a rojizo por la presencia de hidróxidos de hierro, bien seleccionadas y composición predominantemente cuarzosa con escasa proporción de máficos.

De espesores variables, por lo general entre 8 y 20 m pero existen referencias de potencias de hasta 120 m y más.

Por lo general muestra un comportamiento de acuífero semiconfinado, pero en algunas regiones no es extraño que se presente como un acuífero libre o semilibre.

Desde el punto de vista químico son aguas aptas para el consumo humano y aún para riego complementario de cereales, actividad que ha ido aumentando notoriamente en los últimos tiempos.

Ambiente de acuíferos en la Formación Salto Chico

Ocupa el sector nor oriental de la provincia de Entre Ríos entre los ríos Gualeguay y Uruguay hasta la altura de la ciudad de Gualeguaychú por el Sur.

La Formación Salto Chico, de edad Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior, está compuesta por depósitos fluviales de distinta granulometría y espesores de hasta 100 metros.

El acuífero que aloja esta formación es de alto rendimiento hidráulico y baja salinidad. Su explotación para riego de cultivos de arroz se ha realizado sin una adecuada planificación, con un gran desconocimiento de las extracciones y recargas del sistema y sin ningún tipo de control en lo que respecta a diseños, eficiencia e interferencia de pozos por parte de la autoridad competente. Esto ha llevado a un estado de preocupación debido al marcado descenso de los niveles piezométricos respecto a aquellos que se registraban en los tiempos en que la explotación de esta unidad recién comenzaba.

Caudales totales del orden de los 100 m³/seg a lo largo de 100 días ininterrumpidos de bombeo dan una idea de la magnitud de la extracción realizada a través de unos 1500 pozos irregularmente distribuidos en el área.

A los ambientes citados, se agregan otros dos: “Ambiente de acuíferos en sedimentos de la llanura aluvial del río Guayquiraró” y el “Ambiente de acuíferos del valle aluvial y Delta del Paraná”.

La existencia del segundo sería correcta, sobre todo si se plantea desde el punto de vista morfológico, dejando de lado el aspecto estratigráfico hasta aquí considerado, ya que la característica principal en este ambiente es la presencia de niveles acuíferos de dispar origen, rendimiento y calidad, debido a la compleja dinámica a la que fue sometida el área con numerosas intrusiones y regresiones algunas de las cuales no superan los 25.000 años de antigüedad.

En lo que respecta al ambiente referido para la llanura aluvial del río Guayquiraró, se cree que este ambiente es perfectamente asimilable al de la Formación Ituzaingó por sus características tanto sedimentarias como hidráulicas.

2.2.2 Factores bióticos

Fauna y Flora

Seguidamente se mencionan las especies que habitualmente es posible reconocer en los campos de la provincia y que en general se relacionan con la fauna de la Provincia Pampeana; mientras que otras solo aparecen en las selvas marginales de la zona ribereña y concuerdan con el dominio Chaqueño y Paranaense.

Entre los marsupiales encontramos a la comadreja overa de amplia distribución, la comadreja colorada y la comadreja. Los quirópteros son numerosos y hay además zorros, zorrinos, y hurones. Son conspicuos también la vizcacha y los roedores como el tucu-tucu, el cuis, el carpincho y varias especies de ratas. Entre los cérvidos se destacan

el ciervo de los pantanos, el venado de las pampas) y dos especies de corzuelas habitualmente se encuentran algunos edentados como la mulita grande y el tatú de rabo molle.

Los reptiles están representados por las tortugas de agua. Entre las serpientes se han observado ejemplares de boas, ñacaninas, cascabel y yarará.

Hay también lagartijas del género hamodonta, iguánidos y algún anfisbénido. Entre los batracios hay principalmente sapos, escuerzos y ranas.

Los vertebrados pisciformes son en su mayoría subtropicales. Se pueden citar como representantes endémicos a varias mojaras, el dorado, bogas, palometas, el manguruyú, el surubí, el patí, tarariras ó dentudos

De las aves al ser muy numerosas solo se mencionaran las más abundantes. Entre las arborícolas encontramos la cotorra común, carpinteros, el hornero y un género de cabecita negra, la tijereta, el benteveo, la calandria, zorzal, naranjero y tordo..

En las estepas y montes bajos es muy probable encontrar, perdices, martinetas, atajacaminos y coludos por mencionar solo algunos.

La fauna de insectos es muy variada, hay hormigas, escorpiones y también abundan las arañas. Entre los crustáceos de agua dulce son comunes las especies Aegla y Tridactilus.

La vegetación se encuadra fitogeográficamente dentro de la Provincia Pampeana, Distrito Uruguayense, con excepción de las costas, que sustentan comunidades serales de selvas marginales pertenecientes a la Provincia Paranaense, Distrito de las Selvas Mixtas (Cabrera, 1976).

La Provincia Pampeana es la de mayor extensión en Entre Ríos, y se caracteriza por la predominancia absoluta de gramíneas. Entre las hierbas no gramíneas hay una serie de géneros primaverales muy constantes como Gamochaeta y Adesmia. Entre los arbustos son comunes los géneros Hesmia, Baccharis y Eupatorium.

Hay también avances de la Provincia del Espinal, Distrito del Ñandubay con especies arbóreas semixerófilas, pero tanto la vegetación leñosa como la arbustiva y herbácea han sido casi totalmente eliminadas por la actividad agrícola, establecida desde el siglo pasado en la Pampa húmeda. En el mapa de la derecha (Figura 2.13) se delimitan las regiones fitogeográficas de la provincia.

Sin embargo, debido a las pendientes pronunciadas cercanas a las costas de los cursos de agua (y en menor medida a la presencia de algunos materiales geológicos formadores de suelos poco aptos para la agricultura), se ha respetado y conservado en parte la zona de las selvas marginales, caracterizadas por la abundancia de especies propias de la cuenca más alta del río Gualeguaychú e introducidas por la acción del mismo río en una faja muy angosta de la costa.

En estas selvas marginales son características las especies hidrófilas con un estrato arbóreo y otro arbustivo dominantes, acompañados por enredaderas, helechos y plantas epífitas. La composición típica se observa especialmente sobre el río Paraná, mientras que en los arroyos la actividad humana ha modificado o prácticamente eliminado la vegetación natural.

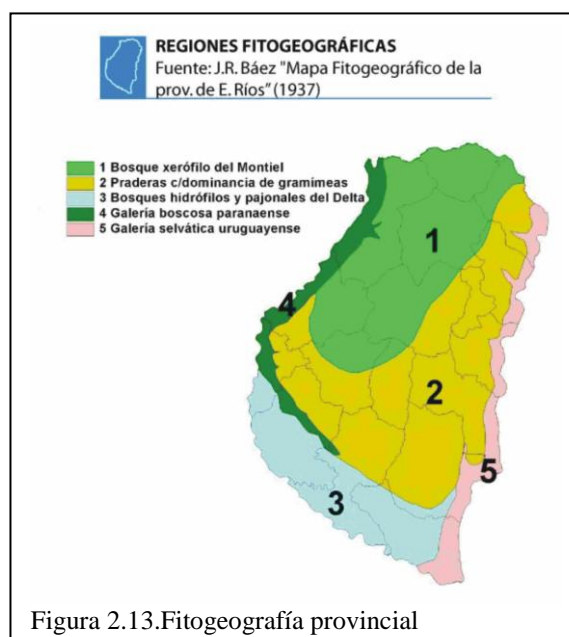


Figura 2.13. Fitogeografía provincial

Entre las especies arbustivas y herbáceas altas es posible encontrar chilca, paja de techar, y plumacho o pampa-grass.

Entre los árboles hidrófilos, son comunes entre otros: el guayabo colorado, el guaranina, el viraje, el ombú, el sauce criollo y el ceibo.

Hay también especies arbóreas del monte semixerófilo que si bien no son dominantes, constituyen avances del espinal. Estas viven entremezcladas con los árboles hidrófilos y, principalmente en los bordes de caminos y alambrados. Suelen hallarse: algarrobo negro, ñandubay, tala, chañar y cina-cina.

En predios agrícolas abandonados (campos duros) cercanos a la costa aparecen renovales de espinillo y algunos ejemplares de chañar.

2.2.3 Ambiente socio - económico

Seguidamente se presenta una síntesis sobre los factores que más inciden en el desarrollo económico provincial y que ubican a la provincia entre las más importantes del país.

Agricultura

El crecimiento permanente en el laboreo y las hectáreas sembradas, como así también los excepcionales rindes que se obtienen de sus tierras, han colocado a la provincia en una posición importante en la producción de granos dentro de las provincias no pampeanas.

Entre los cultivos más importantes que se desarrollan en los campos del suelo entrerriano sobresalen la soja, el arroz, maíz, sorgo, girasol, lino y trigo.

La citricultura cuenta con una asentada tradición sobre todo en la costa del río Uruguay y está dedicada a la producción de naranjas, pomelos, mandarinas y limones que en parte son exportados a Europa y en parte se utilizan para la elaboración de jugos naturales tan codiciados en la actualidad.

Ganadería

Otra de las tradicionales producciones entrerrianas es la ganadera, que a partir de la supresión de la fiebre aftosa y de otras enfermedades, ha cobrado un nuevo impulso generándose un importante número de nuevas colocaciones para las carnes vacunas en los mercados más prestigiosos como el de la Unión Europea, el de los Estados Unidos y el del Sur de Brasil.

La actividad avícola se encuentra dentro de los principales vectores económicos del país.

Con un gran desarrollo en la costa del río Uruguay e importantes núcleos productivos en el resto del territorio, la crianza de aves se encuentra integrada con los procesos de faena y comercialización, a través de varias empresas madres, muchas de ellas líderes, que proveen todo el paquete tecnológico a los criadores.

Minería

Entre Ríos posee una importante actividad extractiva de minerales de tercera categoría, es decir, no metalíferos, destinados exclusivamente a la industria de la construcción.

Sobresalen las rocas de aplicación y los minerales no metalíferos. Los rubros principales son: arena, canto rodado, arena silícea, yeso, arcillas y calcáreos inorgánicos, y triturados pétreos.

Industria

El sector industrial provincial se encuentra en constante expansión con la

elaboración de diversos tipos de productos que son derivados tanto al comercio nacional como internacional. Las fajas costeras del río Uruguay y Paraná son las que concentran actividad industrial de la provincia.

Constantemente y con el fin de intentar un paulatino crecimiento de la productividad, las autoridades gubernamentales han desarrollado programas específicos, que permiten conformar una aceptable oferta exportable en lo referido a precios internacionales.

La provincia también presenció el incremento del precio de la tierra como consecuencia de la llegada de inversiones no solo de empresas nacionales sino también de multinacionales.

Vías de enlace y red vial



En el mapa de la izquierda (Figura 2.14) se muestran las principales vías de comunicación de la provincia, tanto nacionales como provinciales con un total de 2650 kilómetros de rutas asfaltadas.

Se vincula con la provincia de Santa Fe a través del túnel subfluvial Silvestre Begni y por el puente Victoria Rosario. Con Buenos Aires lo hace por el complejo ferrovial Zórate - Brazo largo.

Con la hermana Republica Oriental del Uruguay existen tres puntos de enlace estos son de norte a sur, el complejo hidroeléctrico Salto Grande, y los puentes General Artigas y General San Martín.

Para el transporte aéreo existen los aeropuertos de la Capital, Concordia y Gualeguaychú y además, otros 13 aeródromos públicos menores.

Entre Ríos está comunicado con el Atlántico a través de los puertos de ultramar ubicados en Concepción del Uruguay, Diamante e Ibicuy, todos ellos administrados por la provincia.

El ferrocarril Urquiza, que cubre este sector del territorio argentino, facilita la comunicación con Buenos Aires, Paraguay, Uruguay y Brasil.

Medios de Comunicación

La provincia cuenta con más de 45 medios gráficos provinciales; 3 canales de televisión por aire, 27 por cable, 10 emisoras de radio AM y 53 de FM.

Energía Eléctrica

La central hidroeléctrica de Salto Grande de administración binacional, produce el 99,9% de la energía generada, con una potencia instalada de 1.418.000 KW, con un suministro total, de 5.444.000 MWh, de los cuales corresponden a la Argentina casi el 60%, participando con un 40% de la comercialización en el mercado nacional.

Turismo

Naturalmente y por la disposición del relieve se distinguen tres corredores turísticos que se corresponden con los tres ríos más importantes de la región: el Paraná, el Gualeguay y el Uruguay. Cada uno de ellos dotado de características propias tan diversas como el relieve en el que nacen. El atractivo turismo de la provincia de Entre Ríos se encuentra, principalmente, en la zona costera de ambos ríos, donde se disfruta de la

práctica de las actividades náuticas y de la pesca; además cuenta con edificios y centros de gran valor histórico.

En los últimos años y a raíz de la apertura de los centros termales se ha visto incrementado el número de visitantes tanto nacionales como extranjeros que buscan este tipo de opción turística.

Demografía

La población total de la provincia de Entre Ríos según los datos del último censo es de 1.235.994 habitantes concentrados principalmente en los departamentos de Paraná, Concordia, Concepción del Uruguay y Gualaguaychú.

Entre Ríos y el Mercosur

En Enero de 1995 entró en vigencia el acuerdo de conformación del bloque del Mercado Común del Cono Sur. Los países integrantes del MERCOSUR, son Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, han logrado potenciar el intercambio comercial y económico en forma exponencial, tanto entre ellos como con terceros países.

Esta experiencia integradora fue diseñada para facilitar además, la inclusión de los demás países de la región en un futuro no muy lejano. Por ejemplo, el 1º de Octubre de 1996 entró en vigencia una zona de libre comercio entre el MERCOSUR y Chile, hoy incorporada Venezuela ya se prevé el ingreso de Bolivia y México.

En los mapas (figura 2.15) se ilustra sobre la situación agrícola-ganadera de los últimos años dentro del territorio provincial.

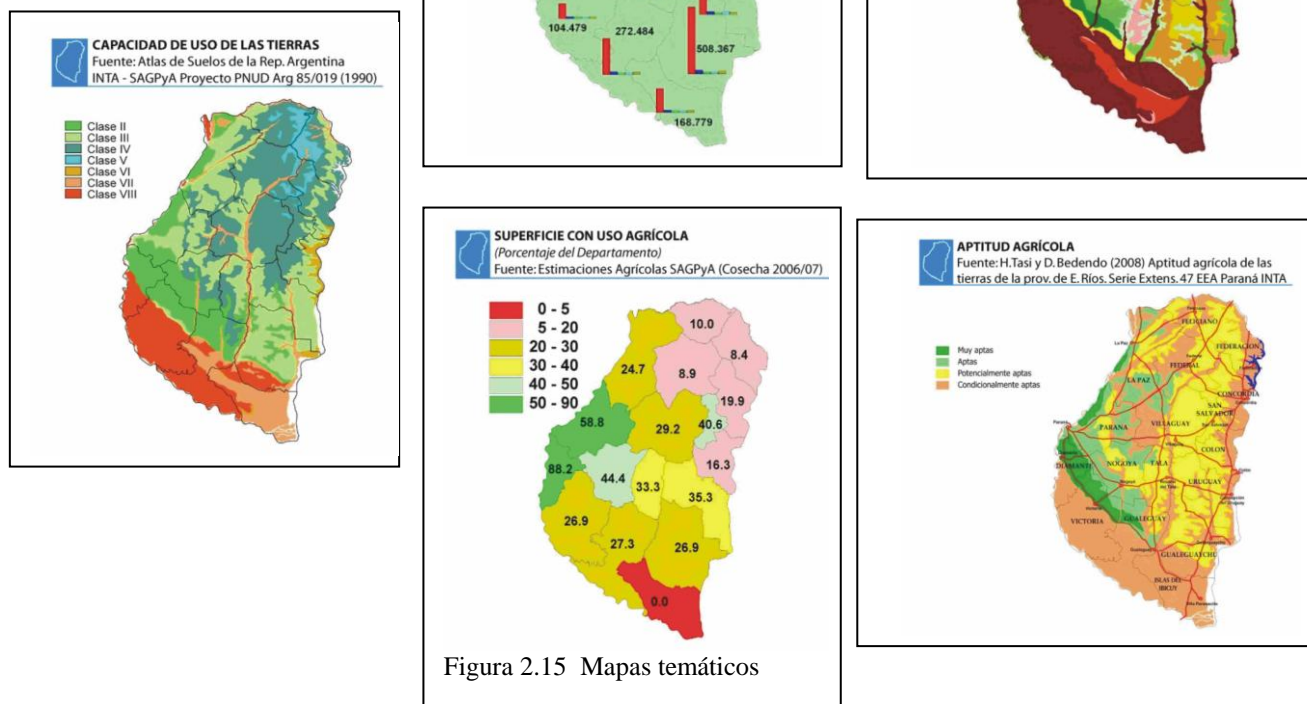


Figura 2.15 Mapas temáticos

2.3 Antecedentes

Antes de comenzar a describir los antecedentes que sirvieron de material de apoyo a esta tesis es menester realizar algunas indicaciones:

- Mencionar y georreferenciar las perforaciones Tablas 2.1, y 2.3 y Figura 2.16 que hoy existen en Entre Ríos, los sondeos complementarios y los Sondeos Eléctricos Verticales Tabla 2.2 que se utilizaron como apoyo de la correlación estratigráfica realizada.

| Tabla 2.1 - Perforaciones | |
|---------------------------|------------------------------------|
| 1 | A.ER.Xp.Chjr 1 - Chajarí 1 |
| 2 | A.ER.Xp.F. 1 - Federación 1 |
| 3 | A.ER.Xp.Cdia 1 - Concordia 1 |
| 4 | A.ER.Xp.Cdia 2 - Concordia 2 |
| 5 | A.ER.Xp.Cdia.3 - Concordia 3 |
| 6 | A.ER.Xp.SJ.1- San José 1 |
| 7 | A.ER.Xp.Cln 1 - Colón 1 |
| 8 | A.ER.Xp.VE 1 - Villa Elisa 1 |
| 9 | A.ER.Xp.CU 1 - C. del Uruguay 1 |
| 10 | A.ER.Xp.CU 2 – C. del Uruguay 2 |
| 11 | A.ER.Xp.Gychu 1 - Guauguaychú 1 |
| 12 | A.ER.Xp.Gychu 2 - Guauguaychú 2 |
| 13 | A.ER.Xp.Vguay - Villaguay 1 |
| 14 | A.ER.Xp.Vcria 1 - Victoria 1 |
| 15 | A.ER.Xp.Basso 1 - Basavilbaso 1 |
| 16 | A.ER.Xp.Dnte. 1 - Diamante 1 |
| 17 | A.ER.Xp.MaGde.1- María Grande 1 |
| 18 | A.ER.Xp. Ngya. 1 - Nogoyá 1 |
| 19 | A.ER.Xp.LPz. 1 - La Paz 1 |
| Perforaciones asociadas | |
| 26 | A.SF*.Xp. Sta. Rosa de Calchines 1 |
| 27 | A.SF*.Xp.Cpo – Campo Timbo 1 |
| 28 | Paso Ulleste (ROU)** |
| 29 | Hotel Horacio Quiroga (ROU)** |
| 30 | Monte Caseros (Corrientes) |

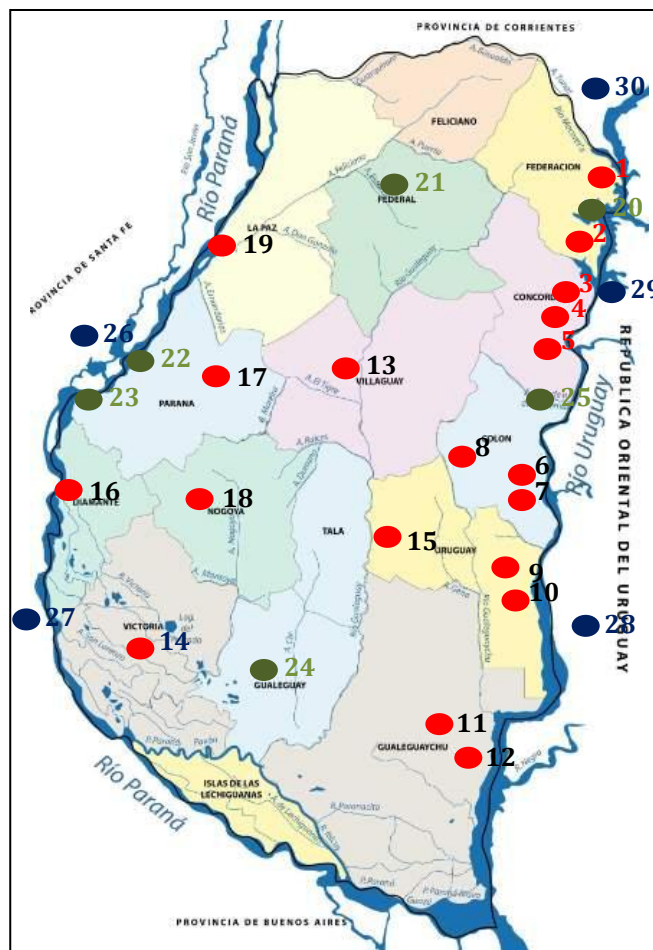


Figura 2.16. Ubicación relativa de las perforaciones, sondeos auxiliares y SEV en Entre Ríos, Santa Fe, Corrientes y ROU.

Tabla 2.1. Perforaciones estudiadas.

*S.F. = Santa Fe

** ROU = República Oriental del Uruguay

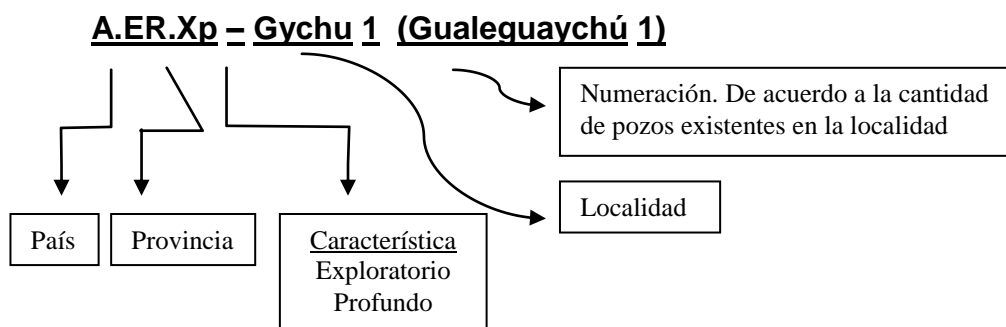
Tabla 2.2 - SEV Utilizados en la correlación

| | | |
|------------|----|---------------|
| Entre Ríos | 20 | Santa Ana |
| | 21 | Federal |
| | 22 | Villa Urquiza |
| | 23 | Paraná |
| | 24 | Guauguay |
| | 25 | Ubaia |

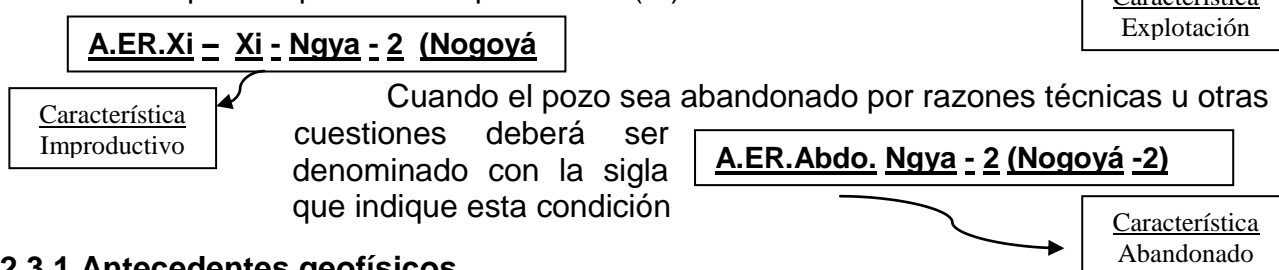
| Tabla 2.3. Georreferenciación de las perforaciones y cantidad de SEV realizados | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| Entre Ríos | Perforaciones | | Ubicación | |
| | 1 | A.ER.Xp.Chjr 1 - Chajarí 1 | 30° 44' 46.43" S | 58° 00' 46.16" O |
| | 2 | A.ER.Xp.F. 1 - Federación 1 | 30° 58' 39.00" S | 57° 55' 38.82" O |
| | 3 | A.ER.Xp.Cdia 1 - Concordia 1 | 31° 17' 47.51" S | 58° 0' 12.11" O |
| | 4 | A.ER.Xp.Cdia 2 - Concordia 2 | 31° 19' 15.88" S | 58° 0' 34.74" O |
| | 5 | A.ER.Xp.Cdia.3 - Concordia 3 | 31° 15' 15" S | 57° 57' 17" O |
| | 6 | A.ER.Xp.SJ.1- San José 1 | 32° 11' 29.55" S | 58° 09' 51.04" O |
| | 7 | A.ER.Xp.Cln 1 - Colón 1 | 32° 12' 34.65" S | 58° 8' 51.35" O |
| | 8 | A.ER.Xp.VE 1 - Villa Elisa 1 | 32° 7' 41.24" S | 58° 26' 19.00" O |
| | 9 | A.ER.Xp.CU 1 - C. del Uruguay 1 | 32° 27' 02.8" S | 58° 17' 33.6" O |
| | 10 | A.ER.Xp.CU 2 - C. del Uruguay 2 | 32° 28' 17.66" S | 58° 16' 36.55" O |
| | 11 | A.ER.Xp.Gychu 1 - Gualaguaychú 1 | 32° 59' 9.0" S | 58° 36' 35.8" O |
| | 12 | A.ER.Xp.Gychu 2 - Gualaguaychú 2 | 33° 01' 0.7" S | 58° 28' 48.8" O |
| | 13 | A.ER.Xp.Vguay - Villaguay 1 | 31° 51' 5.4" S | 59° 01' 32.07" O |
| | 14 | A.ER.Xp.Vcria 1 - Victoria 1 | 32° 38' 53.30" S | 60° 07' 20.15" O |
| | 15 | A.ER.Xp.Basso 1 - Basavilbaso 1 | 32° 23' 15.64" S | 58° 53' 52.56" O |
| | 16 | A.ER.Xp.Dnte. 1 - Diamante 1 | 32° 03' 42.09" S | 60° 37' 26.10" O |
| | 17 | A.ER.Xp.MaGde.1- María Grande 1 | 31° 39' 30.56" S | 59° 55' 55.15" O |
| | 18 | A.ER.Xp. Ngya. 1 - Nogoyá 1 | 32° 9' 55.54" S | 59° 48' 54.76" O |
| | 19 | A.ER.Xp.LPz. 1 - La Paz 1 | 30° 45' 27.43" S | 59° 39' 19.8" O |
| Santa Fe y ROU | Perforaciones asociadas | | | |
| | 26 | A.SF.Xp. Sta. Rosa de Calchines 1 | 31° 27' 06" S | 60° 22' 32" O |
| | 27 | A.SF.Xp.Cpo – Campo Timbo 1 | 32° 32' 25.98" S | 60° 50' 35.22" O |
| | 28 | Paso Ulleste (ROU) | 32° 34' 49.29" S | 57° 49' 27.06" O |
| | 29 | Hotel Horacio Quiroga (ROU) | 31° 16' 27.23" S | 57° 54' 37.92" O |
| | 30 | Monte Caseros (Corrientes) | 30° 14' 45.55" S | 57° 38' 14.35" O |
| Sondeos Eléctricos Verticales | | | | |
| Santa Ana | | 3 SEV en la localidad. Diciembre de 2006 | | |
| Federal | | 4 SEV en la localidad. Setiembre de 2011 – 1 en San Jaime de la Frontera | | |
| Villa Urquiza | | 3 SEV en la localidad. Noviembre de 2011 | | |
| Paraná | | 3 SEV en la localidad. Abril de 2005 | | |
| Guauguay | | 5 SEV en la localidad. Noviembre de 2003 | | |
| Ubajay | | 2 SEV en la localidad. Febrero de 2008 | | |

- Justificar la denominación técnica adoptada para los sondeos (Tabla 2.3) ya que hasta ahora se ha realizado sin sentido técnico; por lo que se propone poner énfasis en el uso de siglas y nombres de pozos para evitar el empleo incorrecto de los mismos y no referirse por igual a dos o tres pozos de una misma cuenca.

Siguiendo a Robles (2002 a) se propone un modelo de la denominación para los pozos termales de la provincia



Pozos exploratorios: Tienen por finalidad el alumbramiento del recurso. Una vez terminado y de acuerdo al resultado obtenido, se los clasificará como “pozo productor o de explotación” sustituyendo la sigla Xp por la letra E. En el caso que el resultado sea negativo se lo denominará pozo exploratorio improductivo (Xi).



2.3.1 Antecedentes geofísicos

La testificación geofísica tanto antes del sondeo ya sea a través de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV); Magneto Telúrico (MT) y Acústico Magneto Telúrico (AMT) como una vez finalizados los distintos tramos de perforación empleando una sonda multiparamétrica constituye una de las herramientas principales para realizar todas las evaluaciones necesarias no solo para un máximo aprovechamiento de los trabajos de perforación sino también que aportan un valioso elemento de juicio a la hora de lograr un máximo aprovechamiento del recurso.

Los trabajos de prospección geofísica en la provincia datan del año 1960, cuando YPF realiza el tendido de líneas sísmicas en busca de posibles yacimientos de hidrocarburos dando lugar a la perforación que se realiza años más adelante en la localidad de EL Pueblito (Nogoyá- Entre Ríos).

Más adelante en el tiempo le sucedieron las prospecciones realizadas por Agua y Energía Eléctrica de la provincia (1978/1981) a cargo del Doctor Eduardo Díaz con el fin de determinar la presencia de agua para consumo humano.

A estos trabajos le sucede la tomografía a través de los SEV; alcanzando su máximo desarrollo a partir de mediados de la época de los 90 cuando se inicia el auge de las perforaciones profundas en el territorio provincial, a partir desde ese entonces y hasta la actualidad esta se han ido perfeccionando y ya se han realizado trabajos desarrollando calicatas geoelectricas con técnicas de MT y AMT como las realizadas para los estudios del SAG.

En los siguientes acápites se realizara una breve reseña de los métodos nombrados y a posteriori se incluyen los resultados de campo de las tomografía que fueron incluidas en la correlación estratigráfica propuesta.

Los sondeos eléctricos verticales (SEV)

Considerando que la técnica del SEV pierde poder resolutivo con la profundidad de investigación, debido a que integra grandes espesores cuya representación logarítmica pasa a cientos de metros de abertura de la línea de alimentación en las posiciones más extremas y que además existe un conjunto de soluciones del corte eléctrico que satisfacen el ajuste por lo que debe conocerse muy bien la geología para dar una correcta interpretación a los modelos eléctricos fue posible con los datos obtenidos de los sondeos mecánicos valorar la técnica geofísica utilizada aun en casos completamente diferentes. Por lo que se concluye que en líneas generales esta metodología geofísica utilizada en la prospección de fuentes termales es confiable empleando menores costos debido a que requiere de menores tiempos de adquisición, proceso, equipamiento.

No obstante se observan diferencias para acotar los límites entre ambientes lo que ocasiona pérdidas económicas al tener que perforar mayores profundidades, sobre todo en ambientes basálticos denominador común en este sector de la cuenca, por lo que resulta conveniente profundizar el análisis de las componentes a fin de minimizar los riesgos.

Los métodos matemáticos de interpretación deben ser alimentados por una buena definición de un modelo eléctrico compatible con el modelo hidrogeológico del área de estudio. Un inadecuado conocimiento del sistema puede llevar a la generación de modelos matemáticamente equivalentes y rigurosamente confiables pero que no representen la realidad de la situación investigada. Las técnicas modernas permiten la estimación del error intrínseco al modelo eléctrico interpretado y la capacidad resolutiva del sondeo eléctrico vertical indicando los rangos de variación de espesores y resistividades, clave para comprender la capacidad resolutiva del método en cada caso en particular. (Mársico, et al. 2011)

Técnica del Sondeo Eléctrico Vertical

La teoría del Sondeo Eléctrico Vertical ha sido desarrollada desde principios de siglo pasado por varios autores; merece destacarse entre ellos los trabajos iniciales de Stefanescu, el aporte de Orellana y otros.

Es conveniente explicitar claramente lo que se entiende por Sondeo Eléctrico Vertical. Para ello resulta muy apropiado transcribir la definición dada por Orellana (1982): "Se llama Sondeo Eléctrico Vertical a una serie de determinaciones de resistividad aparente, efectuadas con el mismo tipo de dispositivo y separación creciente entre los electrodos de emisión y recepción". Cuando el dispositivo es simétrico y durante la medición permanece fijo el del mismo y el centro del segmento de recepción MN, se suele denominar Sondeo Eléctrico Vertical (SEV). En la figura 2.17 se representa el dispositivo simétrico de Schlumberger, el cual es considerado un "dispositivo límite" (pues es irrealizable prácticamente en forma rigurosa), dado que la distancia MN debe tender a cero. Suele tomarse en campo la norma práctica de que $MN \leq AB/5$. demuestra que en este caso el error relativo de la medición será para el caso extremo $MN = AB/5$, menor o igual al 4%.

Surge entonces la necesidad de definir el concepto de "resistividad aparente". De las mediciones de campo sobre un terreno heterogéneo obtendremos una resistividad ficticia, que se obtiene aplicando la ecuación deducida para terrenos heterogéneos. Esta variable, es entonces la que expresa los resultados de las mediciones en los métodos eléctricos.

Del tratamiento de la misma se deduce la base teórica de los métodos interpretativos. Es una función de las resistividades verdaderas del subsuelo, de los espesores de las distintas capas y del dispositivo de medición utilizado, como así también de la ubicación geométrica de los electrodos de potencial y de corriente.

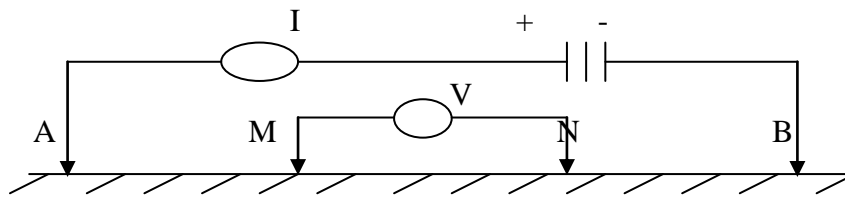


Figura 2.17- Configuración electródica del dispositivo Schlumberger.

A partir de lo expresado la profundidad de investigación de un SEV, es para el caso de aplicar el método de SEV a un medio semi infinito homogéneo e isótropo; allí si se produce una relación clara entre el espaciado AB y la profundidad a partir de la cual, cualquier porcentaje de la intensidad de corriente utilizada atraviesa una profundidad dada.

La ecuación que gobierna esta relación para medios semi infinitos homogéneo e isótropo es:

$$I\% = 2 * \operatorname{tg} (2 * z / AB)$$

Donde

$I\%$ = porcentaje de corriente entre la profundidad 0 y z .

z = profundidad.

de esta relación es inmediato que cuanto mayor es el espaciado utilizado, mayor será el porcentaje de corriente que atraviesa una profundidad, y a su vez mayores aportes de profundidades crecientes se manifestarán en las medidas de resistividades aparentes para espaciados mayores.

Esta relación deducida para medios homogéneos e isótropos, no puede utilizarse como una regla general para establecer lo que se denomina "profundidad de investigación" y aplicarse a medios estratificados o suelos heterogéneos. Es en esta situación en que dicha profundidad no solo dependerá de la separación interelectródica, sino también de las resistividades de las capas del subsuelo.

El ámbito de aplicación de la técnica del Sondeo Eléctrico Vertical se define como un semiespacio infinito. Se considera semiespacio pues la atmósfera, parte superior del volumen investigado, presenta una conductividad nula, por lo que la corriente solo circulará por el volumen inferior a la superficie de contacto suelo - aire; asimismo es infinita pues al analizar la ecuación anterior se deduce que la corriente introducida en el terreno se distribuye por todo el volumen de la Tierra.

Una primera aproximación es suponer al medio semi-infinito compuesto por un material homogéneo e isótropo. Esta simplificación es válida, pero desde el punto de vista práctico no representa ninguna realidad medible, por lo que no es objeto de estudio. Una sola evaluación de la resistividad aparente, nos implicará conocer la resistividad verdadera del medio.

La segunda aproximación, que fue la que dio origen al método, es suponer que es un medio heterogéneo compuesto de una serie de capas o estratos heterogéneos e isótropos, de extensión areal infinita en el sentido x y y , y con interfaces de separación entre sí paralelas, a un mismo valor de z . (Figura 2.18)

Cada capa está caracterizada por una resistividad y se extenderá en un espesor determinado. La última capa tendrá una extensión infinita, por lo que se caracterizará únicamente por su resistividad.

Aquí aparece el primer problema de la prospección eléctrica por corriente continua: caracterizar los parámetros resistividades y espesores de las diferentes capas a partir de los datos de un SEV; para una serie de "n" capas el número de parámetros a caracterizar será "(2*n - 1)", dado que la última capa está representada sólo por su resistividad.

La primera clasificación que surge, es dependiendo del número de capas que lo constituyen; tendremos así cortes de 1, 2, 3, ..., n capas. A su vez los cortes de un número igual de capas se pueden dividir según el orden de aparición de las series, dependiendo de las relaciones de las resistividades consecutivas entre sí.

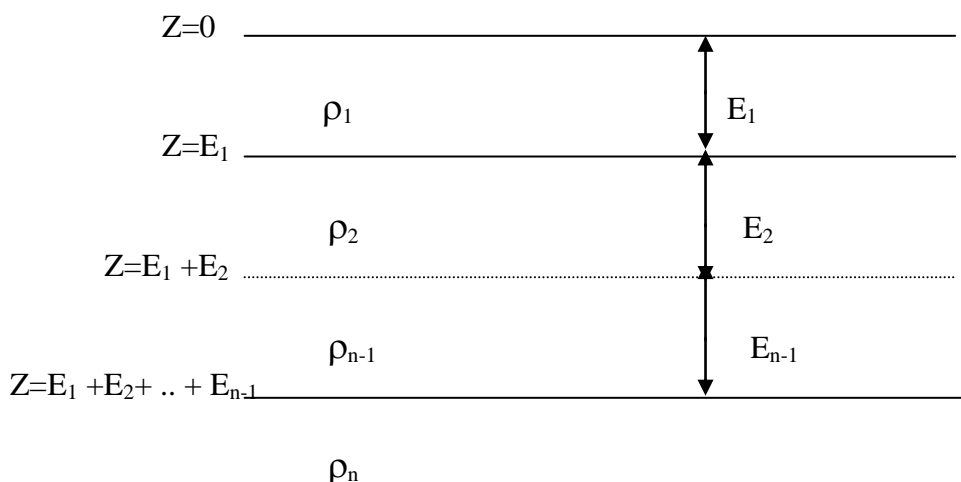


Figura 2.18: Modelo Geoelectrico unidimensional de una serie de capas paralelas e isotropas.

La notación usual en prospección eléctrica, tiene su origen en los autores soviéticos, y se pueden enunciar, siguiendo a Orellana (1984)

a) Cortes de dos capas (no llevan símbolos especiales)

- a.1. (ascendente)
- a.2. (descendente)

b) Cortes de tres capas (llevan símbolos de letras latinas mayúsculas).

- b.1. tipo H
- b.2. tipo K
- b.3. tipo Q
- b.4. tipo A

c) Cortes de cuatro o más capas (llevan combinaciones de los símbolos de 3 capas), están constituidas por un corte de 3 capas (primera letra) más una o varias capas adicionales; dependiendo de las relaciones de las mismas se combinan en cortes de 3 capas. Todo corte de este tipo estará constituido por la combinación de (n-2) letras latinas mayúsculas, con las restricciones siguientes:

- c.1. A un corte K le puede suceder uno H ó Q
- c.2. A un corte H le puede suceder uno K ó A
- c.3. A un corte A le puede suceder uno A ó K

c.4.A un corte Q le puede suceder uno Q ó H.

Las otras combinaciones no pueden tener sentido físico. La representación gráfica de la Función de Resistividades Verdaderas constituye un símil de una función escalón. Es continua en cada tramo, pero discontinua para las profundidades de cambio de corte o capa. (Díaz, E. 2006)

Técnica del Sondeo Magneto Telúrico (MT) y el Acústico Magneto Telúrico (AMT)

Otros métodos utilizados en la prospección geofísica son el Magneto Telúrico (MT) y el Acústico Magneto Telúrico (AMT).

Estas técnicas se apoyan en fenómenos físicos conocidos, cuya interpretación permite diferenciar indirectamente los distintos estratos que subyacen a la superficie de la tierra. Ejemplos de ellos son la gravimetría (basada en las mínimas alteraciones en la fuerza de atracción gravitacional terrestre provocadas por la diferencia de densidad de las rocas,) y los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), basados en la interpretación de los contrastes de resistividad eléctrica entre la litología que compone el subsuelo.

Los métodos electromagnéticos, de más reciente desarrollo, han sido usados sólo secundariamente en esta área, debido al alto costo de los instrumentos requeridos, su mayor complejidad y el lento desarrollo de técnicas de interpretación. En cambio, estas técnicas permiten mayor versatilidad y robustez de interpretación, gran profundidad de investigación (varios kilómetros) y simplicidad operativa, ventajas comparativas con el método del SEV.

Descripción del método

El método magnetotelúrico se basa en la interpretación de mediciones en superficie de los campos eléctrico y magnético generados por corrientes terrestres naturales que circulan por el planeta. Se basa en que dichas corrientes fluyen a distinta profundidad en función de la frecuencia, correspondiéndole a las más altas la parte somera y a las más bajas frecuencias las mayores profundidades. Por lo tanto, la medición de los campos eléctrico y magnético permite estimar por un lado la fase (ángulo entre los dos campos) y por otro, la resistividad eléctrica del subsuelo para cada frecuencia medida, a partir de lo cual se determina la distribución de resistividad del subsuelo en función de la profundidad.

Descripción del trabajo

La metodología de campo consiste en la formación de un arreglo de cuatro electrodos de potencial, enterrados a 30 m del equipo central, ubicados en dirección de los cuatro puntos cardinales (norte, sur, este, oeste) y conectados al equipo central, a partir de lo cual se determina el campo eléctrico. Dicho arreglo define cuatro cuadrantes, en tres los cuales se colocan bobinas (sensores magnéticos), las que son enterradas y orientadas norte-sur, este-oeste, y vertical. Este arreglo permite medir el campo eléctrico y el campo magnético para todo el rango de frecuencias a las que son sensibles los sensores, lo cual delimita distintas técnicas de prospección, definiéndose los Sondeos Audiomagnetotelúricos (AMT) cuando se mide en el rango de altas frecuencias (10,000 Hz a casi 1 Hz) y los Sondeos Magnetotelúricos (MT) cuando se miden las bajas frecuencias (100 Hz a 0.0008 Hz).

El arreglo AMT utiliza tres bobinas de 30 pulgadas de longitud, mientras que en el arreglo MT estas bobinas tienen 50 pulgadas de longitud. Para la primera técnica se mide durante un tiempo mínimo de 2 horas, mientras que para la segunda técnica se mide durante un período de varias horas (usualmente más de ocho), en función de la profundidad a alcanzar.

Luego de los períodos de medición, la información es guardada en forma digital hasta su interpretación, lo cual puede realizarse únicamente en computadora debido a la gran cantidad de datos colectados y al gran conjunto de operaciones matemáticas necesarias.

El análisis de las mediciones permite la obtención de dos curvas de resistividad y dos curvas de fase (ángulo entre campos) en función de la frecuencia de medición (una en dirección norte-sur y otra en dirección este-oeste). Cada curva puede utilizarse para la estimación de la estructura del subsuelo, pero de la interpretación conjunta de resistividad y fase se obtiene un ajuste mucho más robusto y, por lo tanto, más preciso. Por ello, en el método magnetotelúrico no es válido el principio de equivalencia, principal fuente de error en la estimación de los espesores mediante la prospección con sondeos eléctricos verticales.

En algunas ocasiones los datos de resistividad o fase pueden estar afectados por ruido ambiental, imposibilitando la obtención de valores en el rango ruidoso de frecuencias. En estas circunstancias, los datos del otro parámetro permiten sortear el problema sin pérdida de precisión.

La medición en el rango AMT permite investigar promedialmente hasta 600m de profundidad mientras que la prospección MT alcanza los 5000m de profundidad. Para ello usualmente se precisa 12 horas de trabajo. Cabe subrayar aquí, que para igual profundidad de investigación mediante SEV, se precisaría de dos sondeos eléctricos verticales en cruz de no menos de 30 km de línea de emisión. El tiempo de trabajo aplicando la metodología tradicional sería superior a una semana. (Oleaga, 2005)

Resultados de campo

A continuación se presentan los resultados de las tomografías eléctricas realizadas en las ciudades entrerrianas de Villa Urquiza, Gualaguay, Santa Ana, Ubajay, Federal, y Paraná; por ser estos los que se tuvieron en cuenta para realizar la correlación estratigráfica que se presenta en el próximo capítulo.

• SEV realizado en la ciudad de Villa Urquiza

Durante el año 2011 se llevaron a cabo en esta localidad 2 SEV que sirvieron para complementar lo ya realizado por los mismos autores en el año 2004.

La tabla 2.4 presenta los valores promedios de resistividad medidos en el campo de la última intervención.

| Tabla 2.4. Valores SEV – Fuente: Díaz (2011) | |
|-------------------------------------------------|-------------------------------|
| Capa | Resistividad (<i>Ohm.m</i>) |
| 1 | 19.00 |
| 2 | 5.78 |
| 3 | 87.69 |
| 4 | 1.14 |
| 5 | 544.70 |
| 6 | 30.00 |
| 7 | 2500.00 |

• SEV realizado en la ciudad de Gualaguay

En el año 2003 se realizan en la localidad de Gualaguay 5 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) con el fin de determinar la presencia de niveles portadores de agua termominerales. Los resultados se resumen en la (Tabla 2.5) indicando el valor promedio obtenido.

| Tabla 2.5. Valores de resistividad para Gualaguay Fuente Ainchil, (2003) | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Capa | Resistividad (<i>Ohm.m</i>) |
| 1 | 8.98 |
| 2 | 6.5 |
| 3 | 33.92 |
| 4 | 22.05 |
| 5 | 40.38 |

- **SEV realizado en la ciudad de Santa Ana**

Los estudios realizados en esta localidad a fines del año 2006 permitieron diferenciar de forma general 4 capas* los valores promedios registrados son consignados en la tabla 2.6.

- * 1 - Cobertura suprabasáltica
- 2 - Basaltos masivos
- 3 - Basaltos con intercalaciones
- 4 - Sedimentos infrabasálticos

| Tabla 2.6 .Resistividades medidas. Fuente Díaz (2006) | |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Capa | Resistividad (<i>Ohm.m</i>) |
| 1 | 293.38 |
| 2 | 1268.10 |
| 3 | 600.49 |
| 4 | 4.85 |

- **SEV realizado en la ciudad de Ubajay**

| Tabla2.7 Valores de campo Fuente Resett (2008) | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| Unidad Eléctrica | Resistividad (<i>Ohm.m</i>) |
| 1 | 117.50 |
| 2 | 211.40 |
| 3 | 168.25 |
| 4 | 386.50 |
| 5 | 35.84 |
| 6 | 16.40 |
| 7 | 115.75 |
| 8 | 50.35 |

A comienzos del año 2008 el municipio de Ubajay decide realizar una prospección geofísica con el objetivo de determinar los niveles de yacencia de aguas termominerales. Para cumplir con dicho objetivo se realizan dos líneas de testificación cuyos resultados promedios se resumen en la tabla 2.7.

- **SEV realizado en la ciudad de Federal**

En el año 2011 la ciudad de Federal se suma a las localidades de la provincia que pretende explotar aguas termales, para cumplir con dicho fin se realizan 4 SEV en esta localidad y los resultados se exponen en la tabla 2.8 y 2.9

| Tabla 2.8 Resistividades en Federal Fuente: Fundagro (2011) | |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Capa | Resistividad (<i>Ohm.m</i>) |
| 1* | 19.15 |
| 2 | 264.04 |
| 3 | 42.33 |
| 4 | 2500 |

- * 1 - Cobertura suprabasáltica
- 2 - Basaltos masivos
- 3 - Basaltos con intercalaciones
- 4 - Basamento Hidrogeológico

- **SEV realizado en la ciudad de San Jaime de la Frontera**

Como complemento del relevamiento anterior se realizó una tomografía eléctrica en esta localidad y sirvió para delimitar el espesor de la cobertura sedimentaria.

- * 1 - Cobertura suprabasáltica
- 2 - Basaltos masivos

| Tabla 2.9 Resistividades en S. J. de la Frontera. Fuente: Fundagro (2011) | |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Capa | Resistividad (<i>Ohm.m</i>) |
| 1 | 29.68 |
| 2 | 289.23 |

• SEV realizado en la ciudad de Paraná

Durante el mes de Abril de 2005 el municipio de Paraná con el objetivo de localizar niveles portadores de aguas termominerales realiza 3 SEV los valores promedios de campo obtenidos para esta localidad se sintetizan en la tabla 2.10.

| Tabla 2.10. Resultados de los SEV. Fuente Resett (2005) | |
|------------------------------------------------------------|----------------------|
| Unidad Eléctrica | Resistividad (Ohm.m) |
| 1 | 13.7 |
| 2 | 100 |
| 3 | 24 |
| 4 | 4 |
| 5 | 46 |
| 6 | 10 |
| 7 | < 5000 |

Como ejemplo de estudios más recientes se mencionan los trabajos realizados en el 2008 por la Secretaría del Acuífero Guaraní (SAG) en el Proyecto “Protección Ambiental y el Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní.

Las operaciones desarrolladas dentro del territorio provincial consistieron en la realización de perfiles AMT y MT en dos trazas: Colón/ Villa Elisa y La Paz/ Concordia/ Uruguay (ROU), la realización de estos sondeos estuvo a cargo de la firma INGESUR S.R.L.

2.3.2 Hidroquímicos

Las primeras referencias sobre la composición físico química de las aguas subterráneas alojadas en los acuíferos profundos del territorio provincial comenzaron en el momento mismo que se iniciaron las perforaciones, Federación 1994, hasta entonces solo se conocía la hidroquímica de los recursos termales alumbrados en el sector noroeste de la Republica Oriental del Uruguay y la de los acuíferos mas someros de la provincia.

Paralelamente al aumento de las perforaciones los trabajos realizados en este sentido también se han visto incrementados, pero evidenciando una falta de normalización en los protocolos pues van desde los presentados por profesionales con incumbencia en la materia hasta laboratorios de renombre nacional e internacional pasando por centros de estudios de la provincia y organismos internacionales.

Como ya se ha mencionado este hecho ha ocasionado que la información alcanzada no solo se encuentre dispersa en trabajos aislados sino que también al no guardar una forma estandarizada en la presentación de los elementos catiónicos y aniónicos presentes en las aguas termales dificultando su correlación, un ejemplo de esto se puede observar en las figuras 2.17.a.b y c


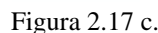
| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|  LIAQuim LABORATORIO INTEGRAL DE ANALISIS QUIMICOS INDUSTRIALES Y AGROPECUARIO URQUIZA 1877 - TEL. (0343) 431-7900 - (3100) PARANA - ENTRE RIOS | |
| PROTOCOLO DE ANALISIS FISICOQUIMICO DE AGUA | |
| FECHA: 29/11/07 SOLICITANTE: MUNICIPALIDAD DE DIAMANTE - OBJETO: Analisis Fisicoquímico de Agua MUESTREO: Realizado por el SOLICITANTE - Fecha de RECEP de Muestra: 26/11/07 | |
| RÓTULO: MUESTRA N° 1: AGUA POZO TERMAL- | |
| VALORES HALLADOS: | |
| Análisis Preliminar | |
| | UNIDADES MUESTRA I CAA* |
| Residuo a 105°C | mg/l 300.000 1.500 |
| Dureza Total | mg/l 43.470 400** |
| Alcalinidad Total | mg/l 34.2 -- |
| Conductividad | µS 519.000 -- |
| pH | 6,10 6,5-8,5 |
| Ensayos de Mineralización | |
| CATIONES | mg/l mg/l CAA*mg/l |
| Hierro | trazas trazas 0,30 |
| Calcio | 714,40 14.280,00 200 |
| Magnesio | 155,00 1.860,00 150 |
| Sodio | 3.347,80 77.000,00 -- |
| Potasio | 18,70 730,00 -- |
| TOTAL CATIONES | 4.235,90 93.870,00 -- |
| ANIONES | mg/l mg/l |
| Carbonatos | ausentes Ausentes -- |
| Nitratos | ausentes Ausentes 45 |
| Bicarbonatos | 0,70 47,10 -- |
| Sulfatos | 17,00 814,40 400 |
| Cloruros | 4.309,00 152.650,00 350 |
| TOTAL ANIONES | 4.317,70 153.506,50 -- |
| Ensayos de Contaminación | |
| | UNIDADES MUESTRA I CAA* |
| Materia Orgánica | mg/l -- Ausentes |
| Nitritos | mg/l Ausentes 0,10 |
| Amonio | mg/l Ausente 0,20 |
| Arsénico | mg/l Ausente 0,05 |
| *Valores máximos aceptados por CAA Art 982 - Res. Mss. AS n° 494 del 7.07.04 **0-50 ppm AGUA BLANDA/ 100-150 ppm AGUA LIGERAMENTE DURA/ 300 ppm AGUA MUY DURA NOTA: para realizar los diferentes determinaciones fue necesario realizar diluciones importantes, que puede llevar a obtener resultados que registren un % de Error mayor al esperado. | |
| Lic. En Quím. Lidia Viale MP 7515 | |

Figura 2.17 a. Análisis del agua termal



Por todo lo expuesto en los párrafos siguientes solo se hará mención de aquellos trabajos considerados como referentes por ser los únicos que agruparon varios centros termales.

En primer término se destacan las investigaciones realizadas por expertos cubanos en el año 2002 en las ciudades de Federación, Concordia (Vertientes de la Concordia o Concordia 1), Colón, Villa Elisa, Chajarí y La Paz con el estudio denominado “El turismo, la salud y la industria especializada a partir de los recursos termales de la provincia de Entre Ríos”, donde no solo se determinaron los componentes físico/químicos sino también la presencia de Radón 222 y Radio 226. Dicho estudio permitió además clasificar la microflora presente en las aguas estudiadas y de algunos parámetros bacteriológicos de las aguas termales.

En las siguientes tablas 2.11, 12 y 13 se ejemplifican sobre los resultados alcanzados.

| Determinación | Medio | | |
|----------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | Agua | | Aire |
| | Bq.m ⁻³ | nCi.L ⁻¹ | Bq.m ⁻³ |
| Concentración de Radón-222 | 92 976.0 | 2.51 | 202 781.0 |
| Concentración de Radio-226 | 14 109.0 | 0.38 | - |

Tabla 2.12. Resultados de los parámetros bacteriológicos en las fuentes termales

| Localidad | Bacterias Totales UFC/ml | Índice Coli NMP/100ml | Índice Coli Fecal NMP/100ml | Índice Streptococos fecales NMP/100ml | Índice Pseudomonas Aeruginosas. NMP/100ml | Índice Clostridium NMP/100 ml |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| Colón | 30 | 2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 |
| Federación | 50 | 2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 |
| Chajarí | 35 | 2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 |
| La Paz | 60 | 2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 |
| Concordia | 65 | 2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 |
| Villa Elisa | 60 | 2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 | <2.2 |

Tabla 2.13. Resultados de los análisis físico/químicos

| Normativa CODEX ALIMENTARIUS | | Muestras del pozo termal COLON |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Elementos | Límites máximos permisibles | PT-5 |
| Cobre | 1 mg/L | < 0.01 |
| Manganeso | 0,5 / 2 (*) | < 0.006 |
| Zinc | 5 | < 0.01 |
| Borato, como H ₃ BO ₃ | 30 | 1.86 |
| Materia orgánica ,como O ₂ | 3 | < 3 |
| Arsénico total | 0.01 / 0.08 (*) | 0.113 |
| Bario | 0,7 / 1 (*) | 0.024 |
| Cadmio | 0,003 / 0.005 (*) | < 0.005 |
| Cromo | 0,05 | < 0.02 |
| Plomo | 0,01 / 0.1 (*) | < 0.10 |
| Mercurio | 0,001/ 0.03 (*) | < 0.02 |
| Selenio | 0.01 / 0.04 (*) | < 0.04 |
| Fluoruro | 2 | 0.75 |
| Nitrato | 45 | < 10 |
| Sulfuro, como SH ₂ | 0.05 | < 1.0 |
| Antimonio | 0.005 / 0.08 (*) | < 0.08 |
| Níquel | 0.02 | < 0.01 |
| Nitrito | 0.02/ 0.03 (*) | < 0.03 |
| Cianuro | 0.07 | < 0.03 |
| Observaciones | (*) Límites aceptados en la Norma cubana NC:2:1996 para aguas minerales naturales | Los contenidos de Arsénico son superiores a los establecidos |

Otro aporte importante lo realizó Adrian Silva Busso en 1999 con su trabajo Contribución al Conocimiento Geológico e Hidrogeológico del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chacoparanaense Oriental Argentina dedicando todo un capítulo a la hidrogeoquímica de la zona abarcada por el estudio.

Una contribución significativa al conocimiento hidrogeoquímico del área lo constituyó la redacción del VADEMECUM de AGUAS TERMALES de ENTRE RÍOS (VATER, 2008), dicho texto fue posible gracias a la intervención de la Universidad

Nacional de Entre Ríos a través de la Facultad Nacional de Ciencias de la Salud con profesionales de la carrera de Especialización en Termalismo, el Ente Regulador de los Recursos Termales de Entre Ríos (ERRTER), la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), la Comisión Administradora de Fondos Especiales de Salto Grande (CASFESG) y la Autoridad Regulatoria Nuclear (Presidencia de la Nación Argentina) que realizó el dosaje de las elementos radiactivos.

Los trabajos de campo se desarrollaron durante el primer semestre del año 2007 y comprendieron la extracción de muestras de agua y gases de los centros termales de María Grande, Chajarí, Concordia 1, Federación, San José, Colón, Gualeguaychú 2, Villa Elisa, La Paz y Concepción del Uruguay 2.

La labor sirvió además para realizar una caracterización de las aguas termales considerando su mineralización y los iones dominantes, la dureza y la radioactividad entre otros parámetros.

Al igual que para el caso anterior en la tabla 2.14 se menciona un ejemplo de los resultados obtenidos.

Otro trabajo de relevancia lo realizó la firma PROINSA en el marco de los estudios propuestos por la Secretaría del Acuífero Guaraní en el segundo semestre del año 2006 con un censo de 186 pozos

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Tabla 2.14. Valores medidos en el establecimiento termal de la ciudad de San José. Vademécum de Aguas Mineromedicinales Españolas. 2003 Instituto de Salud Carlos III | | | |
| Propiedades Físico Químicas | | | |
| Temperatura a boca de pozo | | °C | 37,5 |
| Conductividad 25 ° | | μS/cm ⁻¹ | 1286 |
| pH en boca de pozo | | | 9,07 |
| pH en laboratorio | | | 8,93 |
| Turbidez | | NTU | 0 |
| Residuo Seco | | | |
| Residuo Seco a 105 °C | | mg/l | 766,4 |
| Residuo Seco a 600 °C | | mg/l | 707,6 |
| Residuo Seco a 180 °C | | mg/l | 763,8 |
| Aniones | mg/l | mEq/l | % mEq/l |
| Cl ⁻ | 115,39 | 3,255 | 25,57 |
| F ⁻ | 2,83 | 0,149 | 1,17 |
| HCO ₃ ⁼ | 341,6 | 5,599 | 43,98 |
| CO ₃ ⁼ | 35 | 1,167 | 9,16 |
| NO ₂ ⁻ | 0,31 | 0,005 | 0,04 |
| SO ₄ ⁼ | 122,72 | 2,555 | 20,07 |
| Suma aniones | 617,85 | 12,730 | 100 |
| Cationes | mg/l | mEq/l | % mEq/l |
| Na ⁺ | 307,74 | 13,387 | 99,12 |
| K ⁺ | 2,21 | 0,057 | 0,43 |
| Ca ⁺⁺ | 0,96 | 0,048 | 0,35 |
| Mg ⁺⁺ | 0,17 | 0,014 | 0,10 |
| Suma cationes | 311,08 | 13,506 | 100 |
| Propiedades derivadas | | | |
| Dureza Total (mg/l CaCO ³) | | | 3,1 |
| Dureza °HF | | | 0,3 |
| Alcalinidad (mg/l CaCO ³) | | | 280,00 |
| Gases disueltos | | | |
| O ₂ (mg/l) | | | 5,15 |
| CO ₂ (mg/l) | | | < LD |
| SH ₂ (mg/l) | | | < LD |
| Radiactividad | | Resultado | Umbral de Detección (LD) |
| Rn ²²² (Bq/m3) | | 5957 ± 1246 | LD = 1114 |
| Pb ²²⁶ (mBq/l) | | < LD | LD = 59 |
| Ra ²²⁰ (Bq/l) | | < LD | LD = 0,014 |
| U (μg/l) | | 27,1 ± 2,7 | |
| Clasificación | | | |
| por Temperatura | | Hipertermales | |
| por su Mineralización | | Mineralización Media | |
| por su Composición | | Iones predominantes, Cloruros, Sodio, Sulfatos y Bicarbonatos | |
| por su Dureza | | Muy Blandas | |

aproximadamente pero solo fueron relevados 9 centros termales provinciales extrayendo muestras no solo de las perforaciones profundas sino también de los pozos que suministran agua potable.

Se llegaron a realizar alrededor de 60 analitos entre mediciones “in situ” y determinaciones en laboratorio; entre los primeros es posible mencionar parámetros como pH, T°C, O₂ disuelto, CO₂, y conductividad eléctrica; para los segundos Alcalinidad Carbonatada y Bicarbonatada, Sólidos totales disueltos, Dureza Total, Cl⁻, SO₄⁼, DBO, DQO, sino también elementos accesorios y elementos trazas como Miquel, Mercurio y Cadmio, Coliformes totales y fecales, Escherichia Coli, algas y hongos.

Dentro de las últimas intervenciones en la provincia se encuentra la realizada por YPF con el fin de detectar elementos que den indicios sobre la presencia de hidrocarburos.

Por último se hace referencia a los relevamientos periódicos que realiza la Autoridad de Aplicación provincial (ERRTER) en toda los centros en funcionamiento con una sonda multiparamétrica Hanna HI 929828 determinando pH, T°C, ORP, OD, conductividad, TDS mg/l y salinidad entre otros. (Tabla 2.15)

| Tabla2.15 Formato de los datos relevados por el ERRTER. | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----|----|-----|------------|-------|------------|---------|-------------|-----------|
| HI 929828 - 1.0 | | | | | | | | | | |
| Modelo | | | | | | | | | | |
| Id: | | | | | | | | | | |
| Nombre del lote | | | | | | | | | | |
| N. de muestras | | | | | | | | | | |
| Fecha de inicio | | | | | | | | | | |
| Hora de inicio | | | | | | | | | | |
| Checksum | 5794540 - Integridad de los datos verificados | | | | | | | | | |
| Fecha | Hora | °C | pH | ORP | OD mg/l | µS/cm | µS/cm A | MOhm·cm | TDS mg/l | Salinidad |
| | | | | | | | | | | |

2.3.3 Geológicos

Sin duda alguna los antecedentes geológicos constituyen los mayores aportes realizados al conocimiento del subsuelo entrerriano y enumerarlos a todos sería demasiado tedioso; es por eso que en este apartado solo se hará mención de aquellos trabajos que han tratado la geología a nivel regional.

Los primeros estudios realizados en este orden datan del año 1976 cuando se lleva a cabo el Segundo Simposio de Geología Regional Argentina donde autores como Carlos Gentili y Víctor Rimoldi dedicaron todo un capítulo a la descripción de los rasgos geológicos y estructurales de la Mesopotamia Argentina.

Más adelante en el tiempo, nuevos trabajos son compensados en la Geología Argentina de 1999 publicación de la Subsecretaría de Minería de la Nación, Servicio Geológico Minero y el Instituto de Geología y Recursos Minerales.

Merece destacarse la labor de profesionales como Aceñolaza, Auge, Garracino, Santa Cruz, Silva Busso, Iriondo, Tófolo y técnicos de LCV quienes realizaron una valiosa asistencia al conocimiento geológico del subsuelo entrerriano y no menos importante lo ejecutado por la Secretaría del Acuífero Guaraní en el sector nor-oriental de la provincia, realizando transectas geológicas con mapeo de superficie y recolección de muestras.

Por último es importante hacer hincapié de los aportes realizados por aquellas empresas y profesionales independientes, generadores de la información con la que hoy

cuenta la provincia, que con su participación en las perforaciones ya sea en el control geológico como en la realización de las tomografías eléctricas aportaron el material que sirvió de base principal para el desarrollo de la tesis. En la tabla 2.16 a y b se hace referencia a estos autores y a los títulos de los informes originales.

Tabla 2.16 a. Informes originales de las perforaciones estudiadas

| | Perforaciones | | Informe y autor |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | |
| Entre Ríos | 1 | Chajarí 1 | SEGEMAR- IGRM (2000) |
| | 2 | Federación 1 | Informe Final de la Perforación - González S. (1994) |
| | 3 | Concordia 1 | GEOCONSULT (1996). Proyecto y dirección perforación de pozo. Concordia. Entre Ríos |
| | 4 | Concordia 2 | Factibilidad de explotación del recurso termal García, D. (2003) PRODINTA S.A. |
| | 5 | Concordia 3 | Perfilaje Final Perforación Concordia 3 Ponti (2008) |
| | 6 | San José 1 | Vaccarini L. (2004) Comunicación personal |
| | 7 | Colón 1 | Informe final Pozo Colón –1(E. R.). Municipalidad de Colón (E.R.) (Benítez 1996) |
| | 8 | Villa Elisa 1 | Perforación para Captación de Agua Termal (Benítez. 1997) |
| | 9 | C. del Uruguay 1 | Informe final ER. C U - 1 (Concepción del Uruguay) (Mársico 2001) |
| | 10 | C. del Uruguay 2 | Informe Geológico-Técnico Perforación Basavilbaso 1 (Mársico 2007) |
| | 11 | Guaaleguaychú 1 | Informe Final Pozo Guaaleguaychú –1. Termas del Guaychú S. A.. Guaaleguaychú (E.R.).(Benítez-Mársico 1999) |
| | 12 | Guaaleguaychú 2 | Informe Final ER. Gychú - 2 (Guaaleguaychú) Mársico (2004) |
| | 13 | Villaguay 1 | Informe Final y Control Geológico Perforación Villaguay 1 (Stockli, F. 2003) |
| | 14 | Victoria 1 | Informe factibilidad de explotación Parque Temático Termal. Victoria del Agua S..A.Sanguinetti (2008) |
| | 15 | Basavilbaso 1 | Informe Geológico-Técnico Perforación Basavilbaso 1 (Mársico 2005) |
| | 16 | Diamante 1 | Informe Final Perforación Diamante 1 (Mársico 2007) |
| | 17 | María Grande 1 | SEGEMAR – IGRM Informe Perforación (2001) |
| | 18 | Nogoyá 1 | YPF – ERN. 1 -1962 Informe de Perforación |
| | 19 | La Paz 1 | Informe final pozo explotación Geoconsult S.A. (2000) |
| Santa Fe y ROU | Perforaciones asociadas | | Informe y autor |
| | 26 | Santa. Rosa de Calchines 1 | Informe Geológico-Técnico de la Perforación Santa Rosa de Calchines (Mársico 2007) |
| | 27 | Campo Timbo 1 | Díaz E (2009) Comunicación personal |
| | 28 | Paso Ulleste (ROU)** | Oleaga A (2010) Comunicación personal |
| | 29 | Hotel Horacio Quiroga (ROU) | Características Hidrogeológicas del Acuífero Transfronterizo Guaraní. Montaña et.al. (2005) |
| | 30 | Monte Caseros (Corrientes) | La Motta P (2011) Comunicación personal |

Tabla 2.16 b Sondeos Eléctricos Verticales en la provincia

| Entre Ríos | SEV | | Informe y autor |
|------------|-----|---------------|-------------------|
| | 20 | Santa Ana | Díaz, E (2006) |
| | 21 | Federal | Díaz, E (2011) |
| | 22 | Villa Urquiza | Díaz, E (2011) |
| | 23 | Paraná | Resett; R (2005) |
| | 24 | Guaaleguay | Ainchil, J (2003) |
| | 25 | Ubajay | Resett, R (2008) |

2.4 Etapa de Campo

Dentro de la metodología propuesta se señala la etapa que incluye la descripción de los trabajos que fueron desarrollados en el campo como los previos a estos.

Antes de comenzar con una reseña de los mismos se cree conveniente incluir una serie de consideraciones ya que las perforaciones termales que se han realizado dentro de la provincia requieren de ciertas condiciones técnicas y legales específicas antes de su inicio.

Básicamente estas condiciones se pueden resumir en dos etapas:

Etapas de Prefactibilidad

Una vez que los interesados han tomado la decisión de llevar adelante un emprendimiento de una naturaleza tan particular como lo es el alumbramiento y manejo de las aguas termominerales deberán conocer, como primera medida, lo reglamentado en la materia a nivel provincial por las leyes 9678 y 9714 y la inversión económica a realizar tanto en la etapa exploratoria como en la de la explotación del recurso.

Seguidamente se dará comienzo a los estudios geofísicos (SEV-MT-AMT), geológicos, hidrogeológicos estipulados en los documentos legales mencionados y que permiten acercar cierta precisión sobre la disponibilidad de formaciones geológicas capaces de alojar el fluido buscado.

Etapas de Factibilidad

Finalizada la fase referida más arriba los responsables deben acordar las condiciones contractuales con la Inspección de Obra y la empresa perforadora la que deberá presentar un, **plan de gestión** que abarque las medidas de remediación y control con el objeto de disminuir los impactos ambientales de la obra, un **cronograma de trabajo**, la **curva de Inversiones e ingeniería del pozo** definiendo entre otras cuestiones los diámetros del sondeo, tramos a entubar y maniobras principales como perfilajes y ensayos hidráulicos previstos. Es conveniente además que informe además sobre la conformación del plantel de trabajo en cada turno y qué tipo de tarea desarrollará cada uno de los operarios. En referencia a la información y periodicidad de la misma es conveniente que en la obra estén al día los siguientes libros:

1. Libros de Actas y de Órdenes de Servicio.
2. Libro de Pedidos y Reclamos del Contratista.
3. Libro Diario.
4. Libro de Movimiento de Materiales.
5. Planilla de Productividad de Equipos
6. Planilla con el personal afectado por turno y su función

Localización

La primera tarea a desarrollar en el campo es la preparación de la locación para el montaje del equipo perforador e instalaciones complementarias.

Aunque muchas veces no se le da la importancia que tiene, esta fase resulta de suma importancia para que los trabajos que serán ejecutados a posteriori se puedan desarrollar de manera ordenada.

Como primera medida entonces se trabaja en seleccionar de forma adecuada el terreno donde será emplazada la misma, diagramando los acceso y teniendo en cuenta que el sitio debe ser amplio y el suelo adecuado para soportar el peso y el tránsito no solo del equipo principal, sino también el de los que le sirven de apoyo, disponer ordenadamente las instalaciones de servicios y demarcar las zonas de circulación del personal y vehículos afectados a las tareas.

Una vez elaborado el plano de la locación definiendo lo expuesto más arriba se debe realizar un replanteo y nivelación del terreno, al que le sucede un compactado del mismo y posterior demarcación con un cerco perimetral para evitar el ingreso de animales y personas ajenas a los trabajos.

Un sitio especial dentro del predio lo es el lugar donde se asienta el equipo perforador que por sus características requiere que muchas veces se deba recurrir a la construcción de una losa hecha de suelo cemento para lograr una perfecta estabilidad.

En el siguiente esquema (Figura 2.18) se ilustra sobre una disposición estándar de maquinarias, equipos e instalaciones complementarias dentro una locación para una perforación profunda en el ámbito provincial.

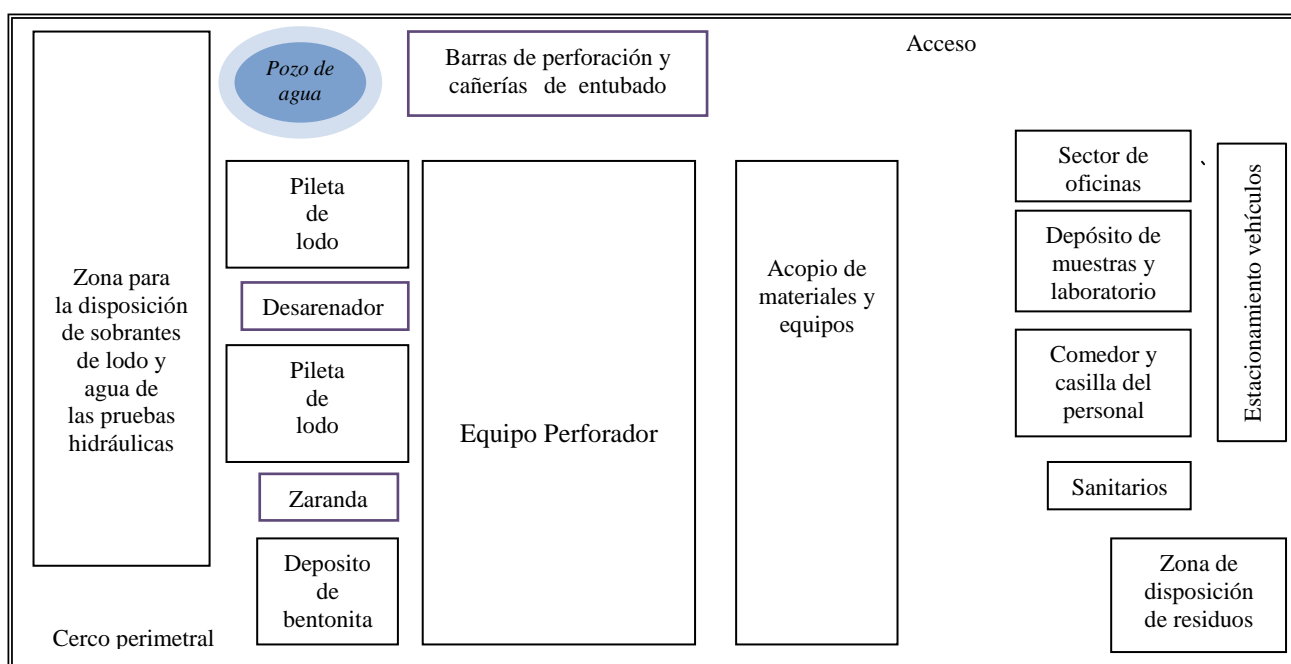


Figura 2.18. Esquema de una locación tipo

Abastecimiento de agua

Para cumplimentar este ítem es necesario realizar una perforación auxiliar (Figura 2.19) a formaciones geológicas someras pero cuidando que su extracción y conducción

no acarree problemas posteriores como sería alterar la calidad y disponibilidad del recurso.

Piletas y circuito de lodo

Al momento de instalar las piletas se tendrá que tener en cuenta que las mismas sean ubicadas en el lugar correcto evitando que interfieran en el drenaje natural del área y tránsito de maquinarias y personas.

Es importante que antes del inicio del sondeo estas sean cubiertas para poder controlar de manera efectiva la provisión de lodo a la perforación.

En referencia al circuito de lodo este deberá garantizar la correcta decantación del material que es extraído para preservar la calidad físico/química del fluido.

Tanto las piletas como el circuito deberán estar perfectamente aisladas del entorno de manera que de



Figura 2.19 Equipo de perforación para sondeos someros



Figura 2.20 Piletas de lodo de mampostería

llegarse a producir un derrame este no se vea afectado. (Figura 2.20)

Provisión de materiales

Respecto a los materiales, la empresa responsable de las labores deberá vigilar que se encuentren en cantidad suficiente para que no se produzcan demoras y se asegure la continuidad de los trabajos.

La disposición de los mismos dentro de la locación debe ser la adecuada para no entorpecer los trabajos ni ocasionar incidentes posteriores.

Prevención de la contaminación y seguridad de las personas

Durante todo el proceso previo al comienzo de la perforación y durante la misma la premisa principal debe ser la de preservar el entorno natural y sobre todo salvaguardar la vida humana;

para cumplir este fin se tendrán que tener en cuenta varios factores: instalación de una señalética adecuada tanto adentro de la locación como afuera de la misma, provisión de la vestimenta y equipo de seguridad adaptado a la labor que desarrolla cada operario, disposición de los medios adecuados para evitar la contaminación de suelos, acuíferos o del lodo de perforación.

Se tendrá que prestar una especial atención a que los combustibles y aceites se almacenen y trasvasen correctamente y que los fluidos de motores, compresores o sistemas hidráulicos puedan ser adecuadamente recogidos en recipientes antes de que alcancen el terreno.

A todo esto hay que sumarle la planificación del drenaje de los lodos de perforación y el agua extraída de las pruebas finales, prestando atención a la existencia de infraestructuras, cultivos, etc. que pudieran verse afectados por las operaciones o suponer un riesgo para las mismas.

Comienzo de los trabajos exploratorios

Una vez iniciados los trabajos de perforación la Inspección de Obra será la responsable de dar cumplimiento a las condiciones pactadas entre la contratante y contratista para cumplir con tal objetivo deberá realizar un estricto control sobre los trabajos de perforación, el material geológico extraído, los ensayos y testificaciones geofísicas que se realicen.

Es conveniente aclarar que las perforaciones que se realizan en el ámbito provincial siguen un esquema típico (Figura 2.21 a y b) en concordancia con las formaciones geológicas atravesadas y establecido por los documentos legales vigentes.



Perforación y colocación de la cañería guía

La realización de modo correcto de esta primera fase es de vital importancia para que los trabajos que se desarrollaran a posteriori garanticen el cumplimiento del objetivo buscado.

Una vez que la perforación alcanzó la profundidad prevista en el proyecto se debe comprobar la verticalidad del pozo* de manera que el posterior entubado y cementado (Figura 2.22) se realice de manera adecuada.

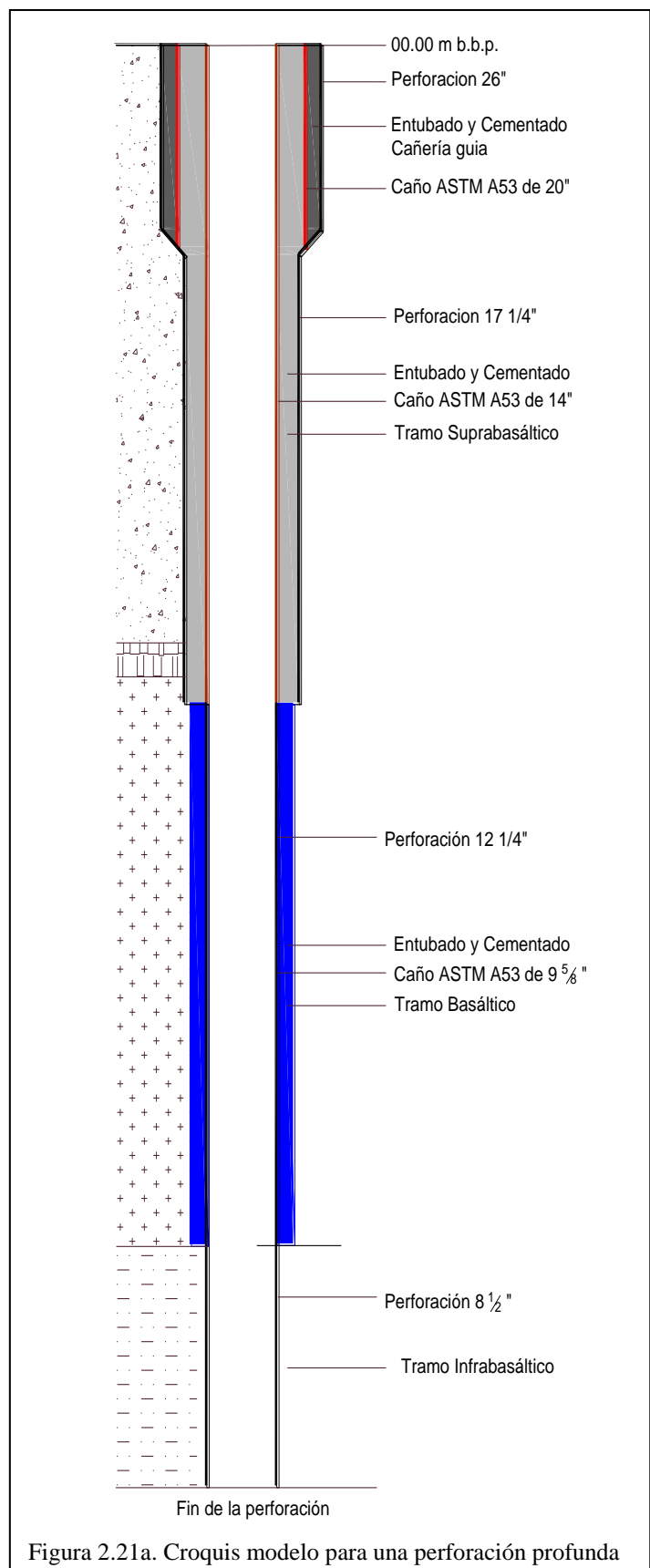




Figura 2.22. Tubos para la instalación de la cañería guía de Ø 20"

** Nota del autor: El ensayo de alineamiento se considerará satisfactorio cuando un caño de acero de 10 metros de largo y de un diámetro exterior menor en 0,034 metros al del pozo pueda correr libremente dentro del mismo, y no se detecte en su eje desviación superior a 0,004 metro por cada metro de profundidad.*

Perforación de las unidades geológicas

Después de 48 horas y comprobado el fraguado mediante una prueba de estanqueidad se reanudan los trabajos de perforación; para esto se adecua la columna de sondeo a las características de las diferentes unidades geológicas predefinidas por la testificación geofísica inicial. A medida que se perfora se van ejecutando las maniobras presentadas en el Plan de Trabajo como el muestreo, el cronometraje, los controles de lodo, perfilajes geofísicos, entubados y cementados de los respectivos tramos perforados.

Una vez que el sondeo alcanza la profundidad prevista dentro del acuífero se realizan las pruebas pactadas con anterioridad y que servirán para determinar la calidad y disponibilidad del efluente.

En los siguientes apartados se describen de manera detallada las tareas del control técnico-geológico que se desarrollan de forma rutinaria por parte de la Inspección de Obra

Herramientas del sondeo

Mientras se realiza la perforación se debe controlar de forma detallada la configuración de la columna de sondeo según se muestra en la Tabla 2.17 de manera que exista un control preciso sobre la cantidad y disposición dentro de la sarta de perforación de todos sus elementos como rectificadores, portamechas, reducciones y barras, controlando además la calidad y el estado de estos elementos antes que sean introducidos en el pozo.

Con objeto de prevenir desvíos y retrasos en la perforación, es necesario supervisar que el empuje sobre la sarta sea el correcto, impidiendo que el reparto de peso sobre ella sea inadecuado. Esta operación se realiza con el instrumento de la figura 2.23.



Figura 2.23. Martin Decker

Tabla 2.17 - Control de perforación y avance

| País: | | | | | | Comitente: | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------|-----------------|--------|---------------------------------|----------|----|------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Provincia: | | | | | | Perforación: | | | | | |
| Departamento: | | | | | | Objeto: | | | | | |
| Coordenadas X = S ° ' " | | | | | | Datos adicionales | | | | | |
| Y= W ° ' " | | | | | | | | | | | |
| Cota Boca de Pozo = m.s.n.m. | | | | | | | | | | | |
| Avance Perforación | | Columna de sondeo | | | | Características de la Inyección | | | | | Observaciones* |
| Profundidad (m.b.b.p) | Velocidad perforación (en min.) | Trepano Tipo - Ø | Reducciones | Porta mechas | Barras | Viscosidad | Densidad | Ph | % Arena | Composición - Aditivos | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> *Nivel de Piletas Gelificación Conductividad Tiempo de Retorno Perforación detenida por </div> |
| 0,00 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 1,00 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 2,00 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 3,00 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 4,00 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 5,00 | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Otro punto a tener en cuenta es la vital importancia que tiene la elección de los trépanos pues de ello depende la celeridad de los trabajos en las siguientes figuras se muestran diferentes tipos de trépanos utilizados en una perforación termal. (Figura 2.24 a y b.)



Figura 2.24.b. Trepano de insertos para formaciones geológicas duras

Una incorrecta elección o la aplicación de un sobrepeso como así también el sobreuso en esta herramienta de corte puede ocasionar retrasos y maniobras indeseadas en los trabajos por rotura. (Figura 2.25 a y b)



Figura 2.24.a. Trepano de dientes para formaciones geológicas blandas



Figura 2.25.a. Perdida de insertos por sobreuso



Figura 2.25 b. Perdida de los conos por sobrepeso

Lodos y piletas

El objetivo de todo sondeo es perforar, evaluar y terminar el mismo para cumplir con el fin buscado. Los fluidos de perforación desempeñan numerosas funciones que contribuyen al logro de dicho objetivo.

La responsabilidad para que estas funciones se cumplan es asumida de manera conjunta por los técnicos específicos que dirigen el sondeo, pero en las perforaciones realizadas en el ámbito de la provincia y al carecer las empresas de este personal la fiscalización de esto recae en manos de la Inspección de Obra quien será la encargada de asegurar que se apliquen los procedimientos correctos de que las propiedades del lodo sean las correctas para el ambiente de perforación específico.

Si bien el orden de importancia es determinado por las características técnicas de la perforación y de las unidades geológicas que están siendo perforadas las funciones más comunes del fluido de perforación son las siguientes:

1. Retirar de adentro del pozo los fragmentos de roca recortados por el trepano.
2. Controlar las presiones de la formación.
3. Suspender el cutting ante una momentánea paralización de la perforación.
4. Obturar las formaciones permeables
5. Mantener la estabilidad de las paredes del pozo
6. Minimizar los daños al yacimiento
7. Enfriar, lubricar el trépano y el conjunto de perforación
8. Transmitir la energía hidráulica a las herramientas y al trepano

9. Asegurar una evaluación adecuada de la formación
10. Controlar la corrosión.
11. Facilitar la cementación
12. Minimizar el impacto al ambiente.
13. Facilitar el perfilaje. (M - I Drilling Fluids Engineering 2001. Modificado)

Control del lodo

Una de las intervenciones más importante que se realiza desde la Inspección de Obra es el control de los parámetros físico-químicos más importantes que poseen los lodos de perforación como la densidad, la viscosidad, el pH y la conductividad. (Figura 2.26).

Considerando que no siempre se cuenta con el instrumental adecuado que se requiere para realizar este tipo de trabajo nunca debe dejar de controlarse:

- Que no se vea impedida la circulación del lodo
- La introducción en el sondeo de aditivos no autorizados para los lodos.
- La limpieza de las piletas (Figura 2. 27) en función de las características de los lodos condicionados a su vez por las formaciones geológicas atravesadas.



Figura 2.27. Piletas de lodo



Figura 2.26. Equipo de campo para el control de lodo

Control de parámetros

A propósito de lo planteado en los párrafos precedentes se realizará una breve descripción sobre la metodología a seguir para controlar los parámetros mencionados y su forma de registro en el campo. (Tabla 2.17)

Densidad

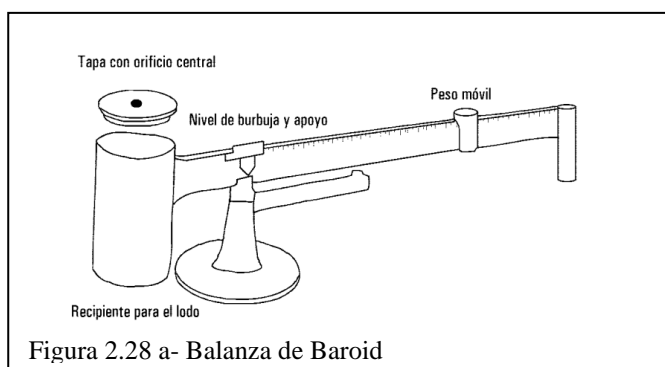
De no tomarse las medidas adecuadas, la densidad del lodo suele aumentar a medida que progresa el sondeo, como consecuencia de la incorporación al fluido de perforación del cutting extraído.

Es por eso que se debe vigilar que la densidad del lodo se mantenga dentro de los valores apropiados -siempre inferior a 1,1 Kg/l- pues si bien esta es demasiado alta y así evita el desprendimiento de las paredes del pozo y favorece la elevación de los recortes, trae complicaciones en las operaciones de limpieza finales pues este penetra demasiado en la formación retardando la operación por demoras en la elevación del mismo.

Para la medición de la densidad del lodo durante el sondeo se utiliza la balanza de Baroid, (Figura.2.28 a y b). Esta consiste en un brazo basculante que apoya sobre un pivote, y que está equipado con un recipiente con tapa, un contrapeso, y un cursor móvil. La escala de medida posee dos graduaciones, una en lb/galón y la otra en kg/l.

El procedimiento seguido para la medición es el siguiente:

- Se quita la tapa y se llena el recipiente completamente, eliminando las burbujas de aire,
- Se pone la tapa, cerciorándose que parte del lodo rebosa por su orificio central,
- Se debe limpiar cuidadosamente el exterior de la balanza,
- Luego se coloca la balanza sobre su soporte de forma que pueda oscilar libremente,
- Se mueve el contrapeso hasta que se equilibre el instrumento, lo que se comprueba con el nivel incluido en el brazo basculante, y
- finalmente se lee la densidad sobre la escala graduada. (León Fábregas 2005 Modificado)



La viscosidad del lodo

Otro de los parámetros físicos importantes al que se le debe prestar especial atención es el de la viscosidad del lodo; pues si esta es pequeña, aumentarán las pérdidas de lodo y se dificultará la extracción del cutting. Por el contrario, si se trabaja con un lodo excesivamente viscoso, las arenas pueden no depositarse en las piletas contaminando la composición óptima del mismo.

Como norma general, para estos sondeos, la viscosidad debe mantenerse en torno a 30 segundos API, pudiéndose aclarar el lodo con agua en caso de ser necesario, y, en último extremo, adicionar fluidizantes como fosfatos o carbonato sódico.

Para las determinaciones se utiliza un viscosímetro Marsh (Figura 2.29). Este instrumento es un embudo de dimensiones normalizadas, en cuya boca existe un tamiz, cuyo objeto es retener las sustancias ajenas al lodo, y que se complementa con un vaso graduado en un cuarto de galón USA (0,946 l) en el que se vierte el lodo.

La metodología a seguir es la siguiente:

- mantener el embudo en posición vertical, taponando el orificio de salida,
- verter el lodo a través de la rejilla, hasta que el nivel alcance la parte inferior de dicha rejilla, y
- abrir el orificio de salida, cronometrando los segundos que tarda en salir 0,946 l de lodo. (León Fábregas 2005 Modificado)



Contenido de arena en el lodo

La separación de arena durante los trabajos exploratorios reviste suma importancia pues permite la limpieza del lodo de este material ya que su presencia dentro del circuito enmascara la verdadera litología atravesada. Para tal operación el equipo debe contar con un desarenador como se ilustra en la figura 2.30.



Figura 2.30. Desarenadores



pH y conductividad

La medida del pH (Figuras 2.31.a y b) y la conductividad (Figura 2.32) en la obra tiene como objetivo intentar detectar indicios de contaminación del lodo, sobre todo con aguas muy mineralizadas. En la figuras mencionadas se grafica sobre la manera adoptada para la medición de estos parámetros y en la Tabla 2.17 su registro en el campo. Se recomienda el control de estos parámetros cada 20 metros de perforación o cuando se denota un cambio en la litología.



Figura 2.31 a. Peachimetro de mano



Figura 2.31 b- Cintas peachimétricas



Figura 2.32. Conductivimetro

Control del tiempo de perforación

En los sondeos con las características de los estudiados se carece de sensores específicos y automatizados como el regulador de Richard, el Geolograph ó el log-o-graph por lo que para determinar los tiempos empleados en atravesar las diferentes litologías el control de avance lo realiza el auxiliar del maquinista. Este, utilizando una barra previamente dimensionada, en 1 (un metro), señala en el vástago dicha distancia y mediante un cronómetro controla el tiempo que se demora en perforar dicha longitud, anotando los resultados en la planilla correspondiente.(Tabla 2.17)

Entubado y cementado

Sin ningún lugar a dudas esta es una de las etapas más importante de una

perforación pues de su adecuada realización quedará garantizado el total aislamiento del pozo, previniendo que el agua proveniente de los niveles superiores enfríe el recurso buscado y a su vez proteger a estos de la contaminación por ingreso de fluidos mineralizados.

Teniendo presente lo dicho en primer lugar es deber de la Inspección de Obra comprobar que las características de las caños disponibles - material, diámetros, espesor de pared y tipo- sean las contempladas en el proyecto y además que estén avaladas por el certificado de calidad otorgado desde la fábrica.

Los caños que conforman la columna de entubado, que ha sido definida con anterioridad, deben ser numerados por su interior y exterior, y no deberán ser introducidos en el terreno, sin comprobar previamente que se ajustan a lo establecido en el cronograma de trabajo y curva de inversión.

Una vez que se comienza con la bajada de la cañería dentro del pozo los operarios deben prestar atención al correcto deslizamiento y verticalidad de la misma para lo cual se recomienda la utilización de centralizadores que garantizaran una correcta alineación (Figura 2.33)

A medida que la cañería va descendiendo el empalme de los caños se realiza mediante soldadura, que de acuerdo a lo convenido este puede ser de la forma que lo ilustran las figuras. 2.34 a.b.c.



Figura 2.34.a Bisel/Bisel



Figura 2.34.b bisel/bisel con refuerzo



Figura 2.33. Centralizador de cañería



Figura 2.34.c Roscado

En la secuencia fotográfica figuras 2.35 a 2.39 se ilustra sobre los pasos en los que consiste un proceso de entubado y cementado*

Etapas 1:

- a. Acondicionamiento de los y verificación del estado de los mismos
- b. Preparar el sondeo para el descenso de la tubería. (Figuras 2.35 a y b)

*Nota del autor: en este caso se tomó el ejemplo de un sondeo donde el procedimiento se realizó en dos etapas y el cementado se realizó por inyección directa.



Figura 2.35 a



Figura 2.35.b

Etapas 2

- Izado al cuadro de maniobras del primer y segundo caño. (Figuras 2.36 a, b y c)



Figura 2.36 a



Figura 2.36 b

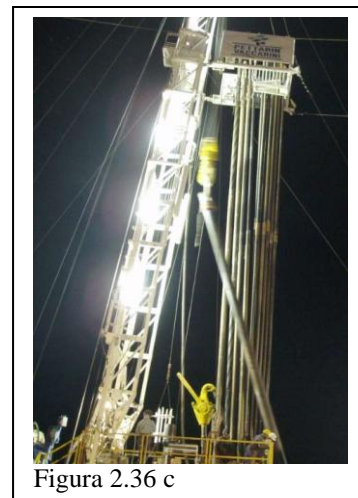


Figura 2.36 c

Etapas 3

- Dispositivo utilizado para lograr una perfecta alineación de la tubería antes de ser soldada e introducida en el pozo. (Figuras 2.37. a, b y c)



Figura 2.37 a



Figura 2.37 b



Figura 2.37 c

Etapas 4

- Se prepara la boca de la tubería para el inyectado de cemento, llegada de los camiones y posterior inyección de la lechada dentro del pozo. (Figuras 2.38. a, b, c y d)



Figura 2.38 b



Figura 2.38 a



Figura 2.38 c

Etapas 5

- El indicador de una buena labor se evidencia porque parte del cemento que ha circulado por el espacio anular aflora en la superficie. (Figura 2.39)



Figura 2.38 d



Figura 2.39

Etapas 6

- Una vez y comprobada la estanqueidad del sistema se continua con las tareas de perforación propiamente dichas hasta alcanzar la profundidad prevista por los estudios precedentes.

Como comentario final respecto de esta operación actualmente la legislación provincial vigente, Ley 9678, obliga a entubar todo el espesor de las coladas basálticas.

Otras operaciones que se desarrollan durante la fase exploratoria

Con el fin de que las obras se ejecuten de acuerdo con las normas del buen arte en la materia en los párrafos siguientes se hará una breve reseña sobre otros procedimientos que es necesario realizar para cumplir con el objetivo mencionado.

Testificación geofísica

Es necesario recordar que antes del entubado de los tramos es de suma importancia realizar un perfilaje del sector perforado para determinar con mayor precisión las características de las formaciones geológicas atravesadas.

La testificación geofísica pactada de antemano debe contemplar mínimamente la realización de registros de gamma natural, potencial espontáneo, resistividad normal corta y larga, conductividad, temperatura y caliper. Su interpretación debe ser realizada inmediatamente tras la obtención de estos datos y comparados con la descripción litológica y tiempos de avance.

Si bien las conclusiones obtenidas por ambas técnicas deben ser coherentes, hay que tener presente que puede existir algún desfase en la profundidad asignada a los

distintos tramos del terreno, y que, en ocasiones, la testificación geofísica indicará tramos permeables que no fueron detectados mediante la testificación litológica y el control de avance. Como parte del anexo se incluye la manera correcta de presentar un informe que reúna las características geológicas y geofísicos del sondeo.

Al igual que para el caso del entubado/cementado en las siguientes imágenes figuras 2.40 a 2.45 se ilustra sobre el procedimiento mencionado.



Figura 2.40 Camión perfilador de última generación



Figura 2.41 Vehículo adaptado para perfilar



Figura 2.42 Vista posterior del mismo

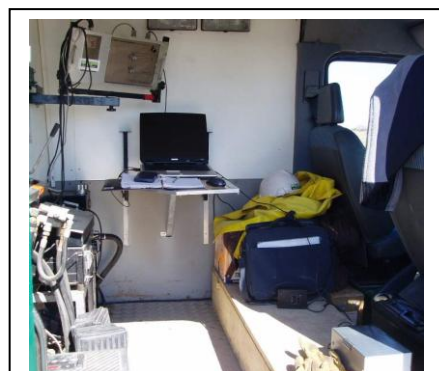


Figura 2.43 Gabinete de control



Figura 2.44 Sonda para el perfilaje



Figura 2.45 Descenso de la sonda al pozo

Limpieza y desarrollo

Antes de proceder a realizar los ensayos hidráulicos correspondientes se debe realizar la limpieza química y mecánica del sondeo. Para la primera de las acciones es menester la utilización de productos químicos que se hacen circular con agua dentro del sondeo y que además resulten inocuos para el medio como el tripolifosfato de sodio o poliácido de sodio. (Figura 2.46)



Figura 2.46 Preparación del producto a utilizar en la limpieza química

Una vez que se ha dado por terminada la operación con los productos mencionados se

deberán utilizar compresores para el jeteado y pistoneo de la perforación. (Figura 2.47)



Figura 2.47 Compresor utilizado para la limpieza mecánica del pozo.

Colocación de filtros y engravillado

Son pocos los pozos realizados dentro de la provincia que han optado por la colocación de cañería filtro debido a la estabilidad que brindan las formaciones geológicas que contienen el recurso.

Los procedimientos utilizados para su colocación se pueden resumir en los siguientes pasos:

- Ubicación de la cañería guía de acuerdo a los resultados de la testificación geofísica
- Elección de la ranura y tipo de filtro de acuerdo a los análisis granulométricos realizados. (Figura 2.48 y 2.49)
- Elección de la grava de acuerdo al tipo de filtro seleccionado y formación geológica donde se ubicará el filtro, se deberá tener presente su granulometría y composición química. (Figura 2.50)



Figura 2.48 Detalle del filtro



Figura 2.49 Cañería ciega y filtro



Figura 2.50 Detalle de la grava

- Descenso de la cañería cuidando que no se produzca rozamiento ni con los tramos entubados ni con las paredes del pozo.
- Proceso de engravado de forma lenta y sin interrupciones.
- Preparación del pozo y del instrumental para realizar los ensayos hidráulicos convenidos.

Ensayos de bombeo

Durante los ensayos de bombeo, debe comprobarse que las medidas de caudal y nivel son realizadas de forma correcta y con el instrumental adecuado en acuerdo a las normas del buen arte en la materia. Se deberá vigilar las variaciones del nivel de grava del prefiltro, que no se produzcan abatimientos rápidos, pero sobre todo se debe tener presente el acomodar los caudales de extracción a la respuesta que vaya dando el sondeo.

En esta operación hay que controlar, periódicamente, la evolución de parámetros físico-químicos del agua (pH, temperatura y conductividad), así como tomar muestras para análisis posterior en laboratorio. También es



Figura 2.51 Canal para la conducción del agua proveniente de los ensayos

siempre recomendable supervisar que el agua extraída circule evitando derrames que puedan ocasionar impactos indeseados en el entorno natural. (Figura 2.51)

Fin de obra

Una vez que se cumple con las operaciones mencionadas se comienza con el acondicionamiento de la boca de pozo, tapando la cañería de manera adecuada y diseñada de tal forma que permita la medición de los niveles piezométricos y la instalación del instrumental adecuado para la medición y control de la presión, la temperatura y el caudal y la toma de muestras del recurso. (Figura 2.52)

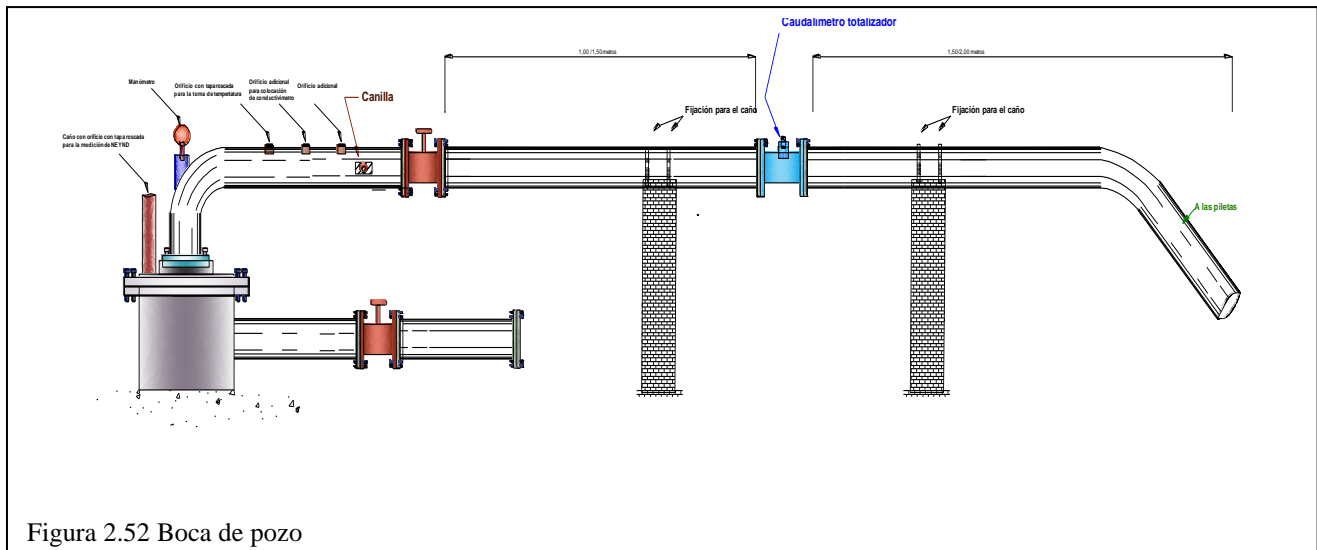


Figura 2.52 Boca de pozo

Finalmente habrá que comprobar que el terreno ocupado por la locación quede nivelado y limpio de todos los residuos que pudiesen haberse generado por el desarrollo de los trabajos.

De los controles a realizar por la Inspección de Obra

Se incluirán en este apartado entre otras cuestiones todo lo referente a la toma de muestras de cutting, testificación geofísica y análisis hidroquímico del recurso alumbrado.

Control geológico, geofísico, hidroquímico y pruebas hidráulicas

Básicamente el control geológico se basa en:

- Muestreo de los horizontes atravesados
- Calculo del tiempo de retorno

Del muestreo

El muestreo de los horizontes que se van atravesando a medida que avanza la perforación es de vital importancia pues de su correcta realización e interpretación van a depender, junto con el perfilaje, futuras maniobras como la elección y ubicación de la cañería filtro, empaque de grava, tipos de trépanos a utilizar y elaboración de la columna estratigráfica del sondeo.

Es recomendable que el mismo se realice cada dos metros y muestras adicionales en cada cambio litológico. De considerarlo conveniente la Inspección podrá ordenar un muestreo detallado metro a metro en sectores de interés.

Las muestras extraídas, deben estar perfectamente identificadas, (Fig. 2.53) clasificadas y expuestas en obra a buen resguardo (Fig. 2.54), conviene su disposición en bandejas seriadas de aproximadamente 1 Kg. (Fig. 2.55) para facilitar su secado y posterior envasado en bolsas de plástico reforzado con una identificación similar a la mencionada anteriormente.



Figura 2.55 Bandeja con muestra

Perforación:

Fecha:

Profundidad:

Tiempo de retorno:

Observación:

Figura 2.53



Figura 2.54. Estantería para depositar las muestras extraídas

La toma de las mismas se realizará preferiblemente en zarandas (Figura 2.56) o en la canaleta (Figura 2.57) la que deberá estar limpia entre toma y toma. A modo de recomendación es conveniente realizar cada tanto un muestreo del desarenador.



Figura 2.56 Por filtración de la inyección a través de la zaranda vibratoria



Figura 2.57 Por canaleta: para evitar la pérdida del material fino

Análisis del cutting

Una vez que las muestras son retiradas según las opciones mencionadas y antes de su envasado final se debe retirar una porción para el análisis megascópico y bajo lupa binocular en el laboratorio de la locación. (Figura 2.58)



Figura 2.58. Estudio de las muestras con lupa binocular en boca de pozo.

.A su vez esta porción se divide en dos fracciones más pequeñas que serán estudiadas, bajo las dos formas nombradas: una de ellas tal cual son extraídas y la otra lavada con agua limpia

La primera cumple con la idea de analizar el cutting sin alteración alguna, lo que resulta de mucha utilidad si se quiere realizar estudios de palinología o evitar la pérdida de la fracción arcilla que pudiese irse con el lavado.

La segunda permite diferenciar litologías que pueden estar enmascaradas dentro del lodo. Las descripciones que se realizaban de la misma se dejaban sentadas en una planilla como se ilustra en la Tabla 2.18.

En las figuras 2.59 a, b, c y d se ilustra sobre el material que dispone el profesional para realizar la descripción del cutting.

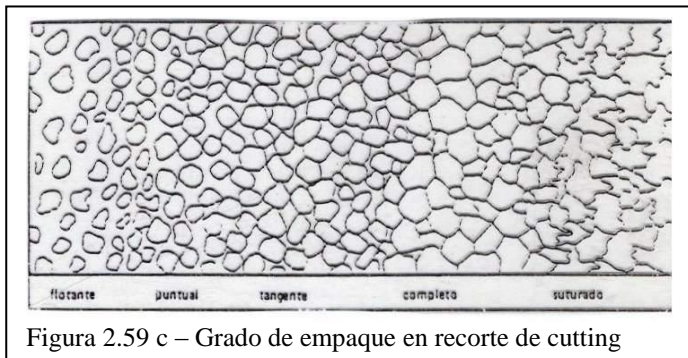


Figura 2.59 c – Grado de empaque en recorte de cutting

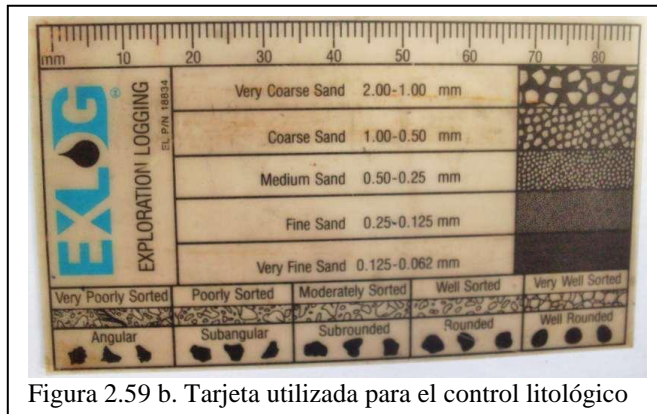


Figura 2.59 b. Tarjeta utilizada para el control litológico

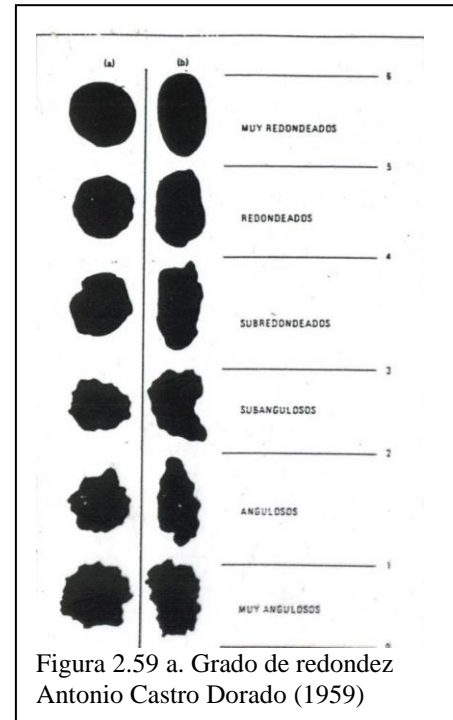


Figura 2.59 a. Grado de redondez
Antonio Castro Dorado (1959)

| Diámetro | | | Clase | | roca |
|----------|--------|------|-------|------------------|---------------|
| mm | micras | φ | | | |
| 4.096 | - | - 12 | GRAVA | Bloques | CONGLOMERADOS |
| 256 | - | - 8 | | | |
| 64 | - | - 6 | | Cantos | |
| 4 | - | - 2 | ARENA | Arena muy gruesa | ARENISCAS |
| 2 | - | - 1 | | Arena gruesa | |
| 1 | - | 0 | | Arena media | |
| 0.5 | 500 | 1 | | Arena fina | |
| 0.25 | 250 | 2 | | Arena muy fina | |
| 0.125 | 125 | 3 | FANGO | Limo grueso | LIMOLITAS |
| 0.062 | 62 | 4 | | Limo medio | |
| 0.031 | 31 | 5 | | Limo fino | |
| 0.016 | 16 | 6 | | Limo muy fino | |
| 0.008 | 8 | 7 | | Arcilla | ARCILLITAS |
| 0.004 | 4 | 8 | | | |

Figura 2.59 d -Granulometría de rocas sedimentarias

| Tabla 2.18. Planilla dispuesta para el control del cutting | | Perforación |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| País: Argentina | | Comitente: Perforación: Objeto: Exploración fuente termal <u>Datos adicionales</u> |
| Provincia: | | |
| Departamento: | | |
| Coordenadas X = S ° ' " | | |
| Y= W ° ' " | | |
| Cota Boca de Pozo = m. s. n. m. | | |
| Profundidad (m.b.b.p) | Descripción Litológica (Megascópica / Lupa Binocular) | Observaciones |
| 0,00 | | Los volúmenes que se consignan de cada fracción eran realizados en forma estimada por el observador. Tiempo de retorno: ajustado cada 10 metros de perforación |
| | | |
| 1,00 | | |
| 2,00 | Arena = % V.T M. - Arcilla = % V.T.M. – Limo = % V.T.M. | |
| | | |
| 3,00 | | |
| 4,00 | | |
| | | |
| 5,00 | | |
| 6,00 | | |
| | | |
| 7,00 | | |
| 8,00 | | |
| | | |
| DPM | | |

Del tiempo de retorno

El tiempo de espera para la toma de una muestra debe ser el apropiado; para garantizar que la misma sea de la profundidad correspondiente, para determinar el momento preciso se realiza lo que se denomina **Cálculo del Tiempo de Retorno**: que es el tiempo en que demora en ascender un fragmento de roca desde el fondo del pozo una vez que es cortado por el trepano hasta la superficie.

A lo largo de la historia de las perforaciones se han derivado muchas formulas y tablas para determinar esta velocidad de ascenso y aunque la mayoría no son muy precisas debido a la cantidad de variables que intervienen durante la circulación del lodo proporcionan un medio para determinar la velocidad de deslizamiento relativa de las partículas.

Seguidamente se definen algunas de estas formulas considerando un flujo ascensional laminar y la aplicación de una de ellas en un caso práctico.

Ecuación 1

$$V_a = \frac{Q \times 2,45}{D^2 + d^2} \quad \text{I}$$

24.5

Donde:

V_a = Velocidad de acenso (pies/minuto)

Q = Caudal de la bomba (galones)

D = Diámetro del pozo

d = Diámetro de la herramienta

Ecuación 2

$$V_a = \frac{2 G D^2 (P_s - P_m)}{92.6 v} \quad \text{II}$$

Donde

V_a = velocidad de acenso (pie/segundo)

G = gravedad (pie /seg²)

P_s = densidad de los sólidos (libra/pie³)

Peso específico de los sólidos x 62.4 (libra/pie³)

P_m = densidad de la inyección (libra/pie³)

Peso de la inyección en libra/gal x 7.48

D = diámetro de las partículas redondas ó la mayor dimensión de las partículas chatas en pie

v = viscosidad = $\frac{(\text{cps}) (0.0672)}{100}$

Ecuación 3

$$V_a = \frac{\text{Caudal de la bomba (Its/min)}}{\text{Volumen anular (Its/ min)}}$$

Volumen anular = Volumen del pozo abierto – (volumen del sondeo + desplazamiento del sondeo)

A los fines de ilustrar mejor sobre el procedimiento empleado en el cálculo del tiempo de retorno durante las perforaciones se ejemplifica utilizando la última de las fórmulas enunciadas por ser esta de más simple aplicación al tener que realizar menor cantidad de cálculos.

El volumen de un pozo abierto de Ø 9 " (228.6 mm), es de 41.6 lts/min.

La capacidad de sondeo de 4^{1/2} pulgadas, grado "D" de 24.7 Kg/m, es de 7.11 lts/m y su desplazamiento de 3.15 lts/m

Una bomba de inyección dúplex, de doble efecto, de camisa de 6 pulgadas de diámetro por 14 pulgadas de largo de carrera, en nuestro caso son 50 carreras por minuto, lo que nos da un caudal de 1110 lts/min.

Reemplazando en II

Volumen anular = 41.6 lts/m – (7.11 lts/m + 3.15 lts/m) = 31.34 lts/m

Luego sustituyendo en I

$$V_a = \frac{1110 \text{ (lts/min)}}{31.34 \text{ (lts/ min)}} = 35.4 \text{ m/min}$$

Si la profundidad es de 900 m.b.b.p., la muestra tardará en salir a la superficie, no antes de 25.42 minutos (900/35.4 = 25.42 min) que es el tiempo que demora la inyección en realizar ese camino. (YPF 1971. Modificado)

Otro método para el cálculo del tiempo de retorno del cutting en una perforación se ilustra en la figura 2.60. YPF (1971).

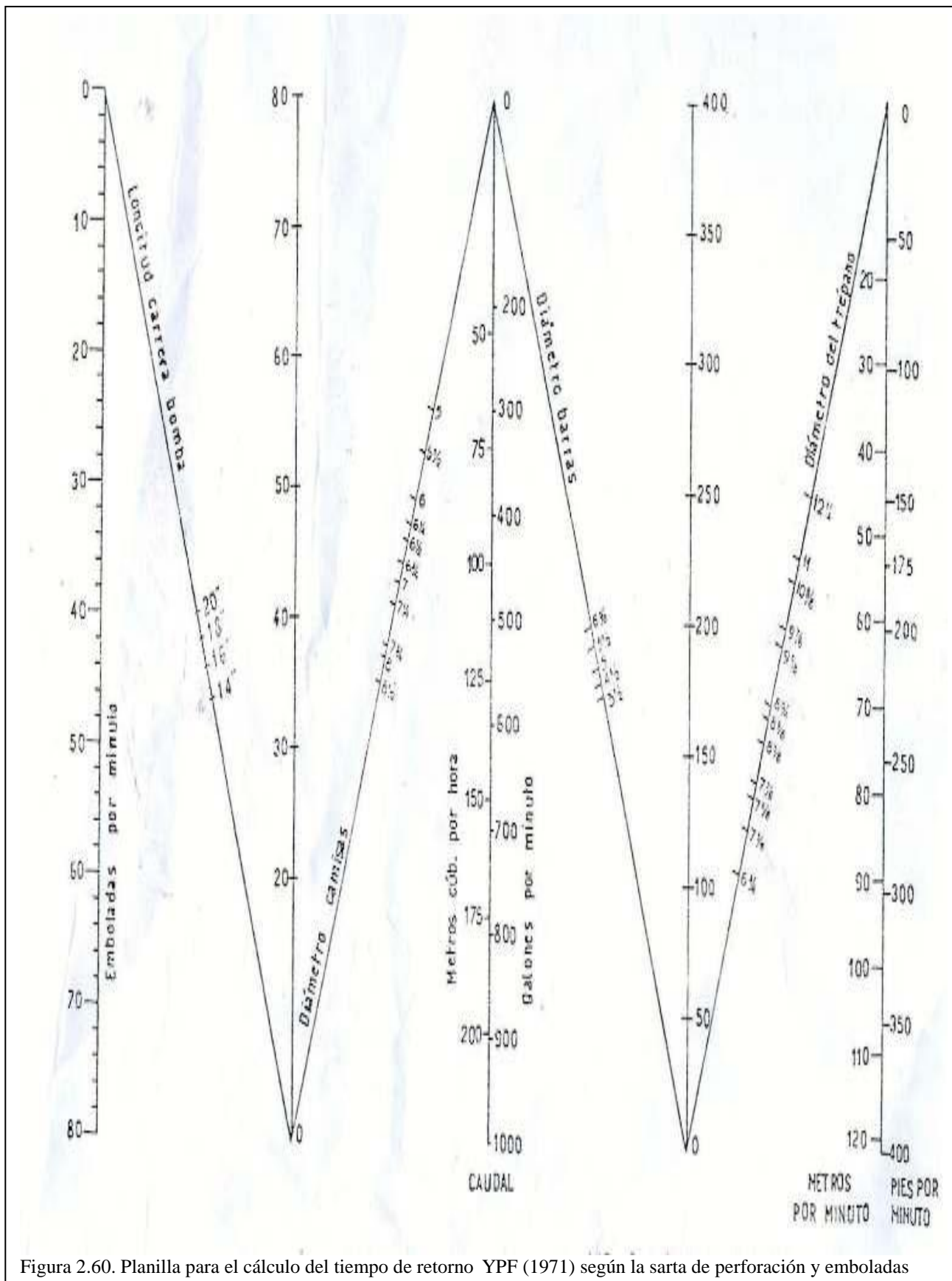


Figura 2.60. Planilla para el cálculo del tiempo de retorno YPF (1971) según la sarta de perforación y emboladas

Toma de muestras para la realización de los análisis físico/químicos

Es menester aclarar que la mayoría de las veces las muestras son recolectadas en simples envases de plástico sin adoptar metodología alguna de extracción pues los tiempos en obra requieren celeridad. En cambio para la redacción del presente trabajo no solo se programó una campaña específica sino que también se adoptó la metodología que se detalla a continuación.

Técnica del muestreo

La toma de muestras se efectuó siguiendo el protocolo de los métodos estándares aplicables en hidrogeoquímica. Se ha evitado en todo momento la contaminación de las muestras, que fueron tomadas como mínimo 15 minutos después de que el pozo fuera puesto en marcha. Sistemáticamente se realizaron medidas in situ de temperatura, conductividad eléctrica, pH y Eh del agua.

De cada punto acuífero se tomaron dos alícuotas con distintas botellas de plástico para las distintas determinaciones analíticas Figura 2.61 que se iban a practicar en cada una de ellas. Las muestras fueron filtradas con un tamaño de 0.45 micras (filtro modelo MILEX-HA de Milipore S.A.), con el fin de evitar materia en suspensión que afectaría a los resultados analíticos.

A una de las botellas de 100 ml se les añadió 2 ml de ácido nítrico concentrado, con el fin de que los cationes no sufrieran variaciones durante el transporte y almacenamiento previo a las determinaciones analíticas. Las botellas y las jeringas utilizadas fueron enjuagadas con agua de la misma muestra antes de ser empleadas. Seguidamente, las muestras fueron etiquetadas correctamente, indicando su número y la fecha en que se realizó el muestreo. Y, finalmente, se procedió a la conservación de las muestras a 4 °C en una nevera portátil.

Junto con estas muestras se recolectaron otras complementarias para determinar en los laboratorios de la UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos) la alcalinidad.

En el campo se determinó mediante sonda multiparamétrica Hanna HI 929828 pH - TDS - Salinidad – Conductividad. Figuras 2.62 a y b.



Figura 2.61 Envases utilizados



Figura 2.62 a Instrumental de campo



Figura 2.62 b Mediciones en el campo

La recolección se efectuó entre los días 16 y 17 de diciembre del año 2010 formalizando la entrega el día 18 siguiendo los protocolos del laboratorio responsable de los análisis. (Figura 2.63)

**Requisition
For Analysis**


Acme Analytical
Laboratories Ltd.
1020 Cordova St. East
Vancouver, BC
Canada, V6A 4A3

E-mail / web:
acmeinfo@acmelab.com
www.acmelab.com
Phone: 604 253 3158 / 1-800 990 2263
Fax: 604 253 1716

| | | |
|---------------|----------------|-------------------------|
| # of Parcels: | Waybill | Acme Job Number: |
| Carrier: | Date Received: | |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------|----------|-------------------|--------------------------------------------------|
| CLIENT INFO | Project: | Shipment ID: | PO # |
| Primary Client Contact (certificate will bear this name) | | Invoice to | <input type="checkbox"/> Same as Primary Contact |
| Company: | | Company: | |
| Address: | | Address: | |
| Attn: | | Attn: | |
| Email: | | Email: | |
| Phone: | Fax: | Phone: | Fax: |

Additional Copies to

| Name | Company | Email | Data Format (circle) |
|------|---------|-------|----------------------|
| | | | CSV XLS PDF |
| | | | CSV XLS PDF |
| | | | CSV XLS PDF |

ANALYSES

| Type of Sample | Number of Samples | Sample Sequence From - To | Prep Code | Analytical Package or Elements Wanted | Rush (2 x list) |
|----------------|-------------------|---------------------------|-----------|-------------------------------------------|--------------------------|
| Groundwater | 1 | Federación 1 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 2 | Concordia 3 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 3 | Villa Elisa 1 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 4 | San Jose 1 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 5 | Colon 1 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 6 | La Paz 1 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 7 | María Grande 1 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 8 | Guaiguaychú 2 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| Groundwater | 9 | Concepción del Uruguay 1 | | Group 2D (High TDS Solutions, full suite) | <input type="checkbox"/> |
| TOTAL = 9 | | | | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | | <input type="checkbox"/> |

SPECIAL INSTRUCTION

All samples with the label "CATIONES" (in red) were acidified in order to analyse ONLY CATIONS

All samples without the label "ANIONES" (in green) in order to analyse ONLY ANIONS

STORAGE & DISPOSAL

Note: Rejects will be disposed of and pulps will be charged for storage after 3 months unless requested otherwise.

Rejects

- ☐ RTRN Return
- ☒ DISP-RJT Dispose after 3 months*
- ☐ STOR-RJT Store after 3 months

Pulps

- ☐ RTRN Return
- ☐ DISP-PLP Dispose after 3 months
- ☐ STOR-PLP Store after 3 months

Return Address Pulps and Rejects returned at cost

Company:

Address:

Attn:

Tel:

*Soil reject (+mesh) is discarded immediately unless requesting RJSV or STOR-RJT

Charges will apply for disposal and/or storage of rejects and pulps.

AUTHORIZATION

analysis.

Signed

must be signed for analysis to start

Figura 2.63. Planilla con el protocolo para el envío de las muestras de agua.

En los siguientes párrafos se realizará una breve reseña sobre la metodología empleada para el análisis las muestras enviadas al laboratorio que se hace mención y los realizados en la sede de la UNER (Universidad Nacional de Entre Ríos).

En el primero de los casos para la determinación de los componentes catiónicos y aniónicos de la muestras se empleo la técnica de espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), una variante más avanzada de las tradicionales técnicas de espectrometría.

La ICP-MS posee grandes ventajas tales como:

- Alta precisión.
- Bajos límites de detección.
- Costos razonables, salvo en la preparación de las muestras y en el Ar del plasma.
- Permite el análisis de la mayoría de los elementos e isótopos de la tabla periódica de manera simultánea en pocos minutos, aunque no analiza elementos inferiores al Na, salvo Li, B, y Be.

La técnica de ICP-MS combina dos propiedades analíticas que la convierten en un potente instrumento en el campo del análisis de trazas multielemental, ya que por una parte obtiene una matriz libre de interferencias debido a la eficiencia de ionización del plasma de Ar y por otra parte presenta una alta relación señal-ruido característica en las técnicas de espectrometría de masas, dicha combinación la convierte en un método ideal para el análisis de agua con las características mineralógicas como las estudiadas. Fernández (2004. Modificado)

En los laboratorios locales se determino la alcalinidad total (atribuible a los iones hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos) de las muestras mediante el método titulométrico utilizando una mezcla de reactivos indicadores (anaranjado de metilo/verde bromocresol). APHA. (1992)

Procesamiento en laboratorio

Una vez recibidos los análisis se procedió al procesamiento de la información hidroquímica a través de programas específicos como el infoStat (2008) que permite realizar entre otros tratamientos estadísticos, el agrupamiento de objetos multivariados que son frecuentemente utilizados como método exploratorio de datos con la finalidad de obtener mayor conocimiento sobre la estructura de las observaciones y/o variables en estudio. Si bien es cierto que el proceso de agrupamiento conlleva inicialmente a una pérdida de información ya que se sitúan en una misma clase unidades que no son idénticas (solo semejantes), la síntesis de la información disponible sobre las unidades consideradas puede facilitar considerablemente la visualización de relaciones multivariados de naturaleza compleja.

Análisis de Conglomerados

El mismo, recurre a técnicas de conglomerados, cuando no se conoce una estructura de los datos “a priori” y el objetivo operacional es identificar el agrupamiento natural de las observaciones. Las técnicas de clasificación basadas en agrupamientos implican la distribución de las unidades de estudio en clases o categorías de manera tal que cada clase (conglomerado) reúne unidades cuya similitud es máxima bajo algún criterio. Es decir los objetos en un mismo grupo comparten el mayor número permisible de características y los objetos en diferentes grupos tienden a ser distintos.

Para agrupar objetos, InfoStat utiliza el análisis por casos o variables para lo que utiliza un algoritmo estadístico- matemático. Los algoritmos o métodos de agrupamiento permiten identificar clases existentes en relación a un conjunto dado de atributos o características. En distintas áreas del conocimiento se encuentran estos algoritmos bajo diferentes nombres como son clasificación automática, análisis tipológico (del francés “analyse typologique”), análisis de agrupamiento (del inglés “cluster analysis”), taxonomía numérica, etc. Los algoritmos de clasificación pueden dividirse en no jerárquicos y jerárquicos. En las técnicas de clasificación no jerárquicas se desea obtener una única descomposición o partición del conjunto original de objetos en base a la optimización de una función objetivo. Mientras que en las técnicas de clasificación jerárquicas, se pretenden encontrar particiones jerarquizadas, esto es, consecutivamente más finas (o menos finas), luego los objetos son unidos (o separados) en grupos paso por paso.

Los algoritmos de agrupamiento pueden ser *supervisados* o *no supervisados* según si el número de clases a ser obtenidas es fijado “a priori” por la persona que conduce el experimento o si éste resulta de la aplicación de la técnica de clasificación. Muchas veces, informaciones preliminares disponibles o resultados de experimentos pilotos, pueden orientar al experimentador o usuario en la selección del número de clases. Otras veces, se conoce algún valor máximo para el número de clases, y entonces el algoritmo se implementa especificando dicho valor y luego, en relación con los resultados obtenidos, se vuelven a realizar agrupamientos. Las técnicas de clasificación jerárquicas son generalmente del tipo *no supervisadas*.

El agrupamiento logrado dependerá no sólo del algoritmo de agrupamiento elegido sino también de la medida de distancia seleccionada, del número de grupos que deben ser formado (cuando esta información existe), de la selección de las variables para el análisis y del escalamiento de las mismas.

En el análisis de conglomerados de casos o registros individuales se parte de una matriz de datos $n \times p$ (p mediciones o variables en cada uno de los n objetos estudiados), que luego es transformada en una matriz de distancia ($n \times n$) donde el elemento i, j -ésimo mide la distancia entre pares de objetos i y j para $i, j = 1, \dots, n$. Los elementos de la matriz de distancia son funciones de distancias métricas o no métricas.

En el análisis de conglomerados de variables se usó una matriz de distancia ($p \times p$) donde el elemento i, j -ésimo mide la distancia entre pares de variables i y j para $i, j = 1, \dots, p$.

Componentes Principales

El Análisis de Componentes principales permite analizar la interdependencia de variables métricas y encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos de una tabla de n observaciones y p columnas o variables. El análisis de componentes principales (ACP) trata de encontrar, con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en las filas de la tabla de datos.

El ACP y los gráficos conocidos como BILOT son técnicas generalmente utilizadas para reducción de dimensión. Las técnicas de reducción de dimensión permiten examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables. Con el ACP se construyen ejes artificiales (componentes principales) que permiten obtener gráficos de dispersión de observaciones y/o variables con propiedades óptimas para la interpretación de la variabilidad y covariabilidad subyacente. Los biplots permiten visualizar observaciones y variables en un mismo espacio, así es posible identificar asociaciones entre observaciones y variables y entre variables y observaciones.

Las diferencias en los datos generan variabilidad, luego una forma de resumir y ordenar los datos es a través del análisis o la explicación de la estructura de varianza y covarianza del conjunto de variables en estudio. El ACP es una técnica frecuentemente utilizada para ordenar y representar datos multivariados continuos a través de un conjunto de $d=1,...,p$ combinaciones lineales ortogonales normalizadas de las variables originales que explican la variabilidad existente en los datos de forma tal que ningún otro conjunto de combinaciones lineales de igual cardinalidad, tiene varianza de las combinaciones mayor a la del conjunto de componentes principales. Usualmente se selecciona un número d mucho menor que p , para la representación de la variabilidad subyacente. Se espera que dicha reducción de dimensionalidad no produzca una pérdida importante de información. Desde este punto de vista, la técnica de reducción de la dimensión implica una consecuente ayuda en la interpretación de los datos. La primera componente contiene más información (sobre variabilidad) que la segunda, ésta a su vez más que la tercera y así sucesivamente hasta no explicar más variabilidad.

Los gráficos de dispersión BIPLLOT contruidos a partir de las Componentes Principales se usan para visualizar la dispersión de las observaciones pero la influencia de las variables no es explícita en tales diagramas. Los gráficos biplots muestran las observaciones y las variables en el mismo gráfico, de forma tal que se pueden hacer interpretaciones sobre las relaciones conjuntas entre observaciones y variables.

La configuración de los puntos se obtiene a partir de un ACP. Las variables son graficadas como vectores desde el origen. En los biplots contruidos, la distancia entre símbolos representando observaciones y símbolos representando variables no tiene interpretación, pero las direcciones de los símbolos desde el origen pueden interpretarse. Las observaciones que se grafican en una misma dirección que una variable podrían tener valores relativamente altos para esa variable y valores bajos en variables u observaciones que se grafican en dirección opuesta. Por otro lado, los ángulos entre los vectores que representan las variables pueden interpretarse en términos de las correlaciones entre variables. Ángulos de 90° entre dos variables indican que ambas variables no se encuentran correlacionadas. Alejamientos de este valor (tanto sea en valores menores como mayores a 90°) implican correlación (positiva o negativa). Es decir un ángulo cercano a cero implica que ambas variables están fuertemente correlacionadas en forma positiva y un ángulo cercano a 180° entre dos variables indica que ambas muestran presentan una fuerte correlación negativa. Cuando las longitudes de los vectores son similares el gráfico sugiere contribuciones similares de cada variable en la representación realizada. (Díaz, E. Comunicación personal)

Partes de obra

Por último se mencionan los medios de notificación más comunes utilizados en una perforación exploratoria.

Dichos documentos cubren las necesidades de comunicación entre la empresa perforadora, la Inspección de Obra, la Contratista y la Autoridad de Aplicación.

Para cumplir de manera efectiva el proceso de comunicación se recomienda la utilización de:

- Parte de Obra diario (Empresa – Inspección)
- Informe Semanal (Inspección – Contratante)
- Informe de operaciones especiales (entubado/cementado; perfilaje, ensayos de bombeo (Inspección – Contratante - Autoridad)
- Informe Final. (Inspección – Contratante - Autoridad)

- Informe productividad de equipo. Tabla 2.19

| Tabla 2.19 Planilla de productividad Perforación | | | | | |
|---------------------------------------------------------|-------|---------------------------|--|-------------------|---------------------|
| Tareas | Días | Día y mes | | Días sin perforar | Días que se perforó |
| TAREAS | 1 | | | | |
| | 2 | | | | |
| | 3 | | | | |
| | 5 | | | | Etapas 1 |
| | 6 | | | | |
| | 7 | | | | |
| | 8 | | | | |
| | 18 | | | | |
| | 19 | | | | |
| | 20 | | | | |
| | 21 | | | | |
| | 22 | | | | |
| | 23 | | | | |
| | 26 | | | | |
| | 27 | | | | |
| | 28 | | | | |
| | 29 | | | | |
| | M | | | | |
| | M + 1 | | | | |
| | 32 | | | | |
| | 41 | | | | |
| | 207 | | | | |
| | N | | | | |
| | N+ 1 | | | | |
| | 210 | | | | |
| | 211 | | | | |
| | 212 | | | | |
| Arreglo zaranda | | Retiro Inspección de obra | | Total | Total |
| Trabajos varios* | | | | % | % |
| Francos | | | | | |

2.5 Etapa de gabinete

Dentro de esta etapa se incluye todo lo relacionado a la diagramación y presentación de los trabajos realizados en el campo, especificando de manera detallada las operaciones realizadas y las incidencias acaecidas en el transcurso de la perforación.

La presentación se compone básicamente de tres informes:

- Un informe técnico.
- Uno geológico e hidrogeológico.
- Uno ambiental preliminar de acuerdo al recurso alumbrado.

A modo de ejemplo se incluye en el siguiente capítulo un informe completo de una perforación termal.

CAPITULO 3

3. RESULTADOS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.1 .Presentación de la información | 77 |
| 3.2. Productos | 77 |
| 3.2.1 Técnicos | 77 |
| Informe Técnico - Perforación A.SF.Xp. Santa Rosa de Calchines 1 | 77 |
| Descripción de los trabajos de perforación | 79 |
| Limpieza y desarrollo | 81 |
| Pruebas hidráulicas | 82 |
| Conclusiones | 86 |
| Información complementaria..... | 87 |
| Informe Geológico A. SF. Sta. Rsa. Xp – 1 (Santa Rosa de Calchines) | 87 |
| Control geológico | 88 |
| Columna estratigráfica propuesta | 88 |
| Profundidad | 88 |
| Desde-Hasta..... | 88 |
| Período | 88 |
| Complemento del informe técnico de la perforación Santa Rosa de Calchines 1..... | 93 |
| En cuanto a los materiales:..... | 93 |
| En cuanto a la hidroquímica | 93 |
| En cuanto a la hidráulica..... | 95 |
| En cuanto a la geología | 96 |
| Consideraciones ambientales..... | 97 |
| 3.2.2 Geológicos - Hidrogeológicos | 103 |
| Columnas estratigráficas y descripción litológica..... | 103 |
| Basamento Cristalino o también basamento hidrogeológico de la cuenca | 104 |
| Formación Yaguarí/Buena Vista | 107 |

| | |
|----------------------------------------------------------|-----|
| Formación Piramboia..... | 112 |
| Formación Botucatú..... | 112 |
| Areniscas del Miembro Solari | 116 |
| Formación Mariano Boedo | 116 |
| Formación Fray Bentos | 117 |
| Formación Olivos | 117 |
| Formación Paraná. | 117 |
| Formación Salto Chico / Ituzaingó. | 117 |
| Formación Hernandarias | 118 |
| Grupo Pampa | 118 |
| Depósitos recientes y actuales. | 119 |
| Correlación estratigráfica | 120 |
| Perfiles longitudinales | 121 |
| Perfiles transversales..... | 121 |
| Perfiles Noreste / Suroeste | 121 |
| Noroeste / Sureste | 121 |
| Cronoestratigrafía del área en estudio..... | 123 |
| Precámbrico..... | 123 |
| Basamento cristalino..... | 123 |
| Sedimentos infrabasálticos | 123 |
| Pérmico..... | 123 |
| Formación Piramboia..... | 123 |
| Formación Yaguarí/Buena Vista | 124 |
| Triásico superior | 124 |
| Formación Botucatú | 124 |
| Basaltos de Serra Geral e intercalaciones arenosas | 124 |
| Cobertura sedimentaria | 128 |

| | |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| Cretácico..... | 130 |
| Formación Mariano Boedo | 130 |
| Formación Puerto Yerúa..... | 130 |
| Terciario..... | 130 |
| Formación Fray Bentos..... | 130 |
| Formación Olivos | 130 |
| Formación Paraná. | 130 |
| Cuaternario | 131 |
| Formación Hernandarias | 131 |
| Grupo Pampa. | 131 |
| 3.2.3 Hidroquímicos..... | 135 |
| Área hidroquímica 1 | 141 |
| Área hidroquímica 2..... | 144 |
| Área hidroquímica 3..... | 147 |
| Análisis estadísticos y discusión de los resultados | 151 |
| Análisis de Conglomerados | 151 |
| Análisis de Componentes Principales | 154 |
| Conclusiones particulares de la hidroquímica..... | 156 |
| 3.2.4 Ambientales..... | 163 |
| Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) | 163 |
| Declaración Ambiental de Base | 163 |
| Índice de Sensibilidad y Calidad Ambiental | 163 |
| Descripción Componentes Naturales | 163 |
| Características del Ambiente Socio cultural..... | 163 |
| Ecosistema y relaciones interecológicas | 164 |
| Paisaje..... | 164 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Plan de Gestión Ambiental | 164 |
| Programa de Monitoreo Ambiental (PMA) | 164 |
| El P.M.A. para el pozo termal y obras complementarias | 165 |
| Monitoreo de los factores naturales | 166 |
| Monitoreo de los Factores Culturales | 167 |
| Modelo de Auditoria | 168 |
| Modelo de Protocolo de análisis físico, químicos y microbiológicos. | 170 |
| Examen químico | 171 |
| Examen microbiológico..... | 171 |
| Plan de Información Pública | 171 |
| Tratamiento de las aguas termominerales..... | 172 |
| Diversificación en el uso del recurso | 174 |

ANEXOS

I - Técnico

- I.a - Diseño Final Santa Rosa de Calchines
- I.b - Perfil Geológico Santa Rosa de Calchines

II - Geológico

- II.a – Perfiles
 - II.b.1 - Esquema perfiles
 - II.b.2 - Longitudinales
 - II.c.3 - Transversales
 - II.d.4 - NE/SO – NO/SE
- II.b - Cuadro cronoestratigráfico

III - Hidroquímico

- III.a – Hidroquímica

VI - Ambiental

- IV.a - Lectura matriz de impactos
- IV.b - Matriz de Valoración de Impactos
- IV.c - Planilla de Mitigación y control
- IV.d - Leyes 9678 y 9714

3.1 Presentación de la información

En este capítulo se hará mención de los resultados obtenidos de los controles efectuados y descriptos en el capítulo anterior. A los fines de presentar la información de manera ordenada y continuando con la metodología propuesta se presenta la misma dividida en una parte técnica, una geológica e hidrogeológica, una hidroquímica y otra ambiental.

3.2 Productos

3.2.1 Técnicos

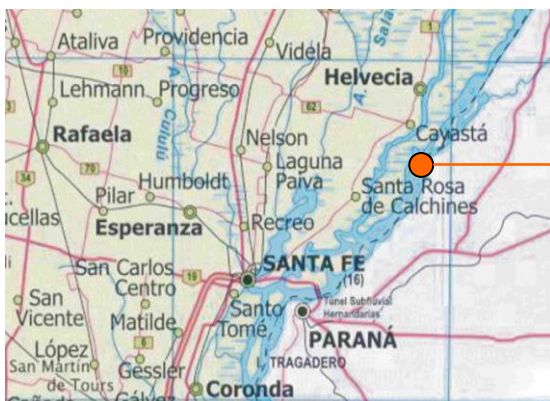
En los siguientes apartados y a manera de ejemplo se presenta una descripción de los trabajos técnicos y geológicos desarrollados en boca de pozo en uno de los sondeos mencionados en el informe.

Informe Técnico - Perforación A.SF.Xp. Santa Rosa de Calchines 1

Datos Generales

Ubicación:

Se muestra la localización exacta de la perforación (figura 3.1a y 3.1b) con sus coordenadas geográficas



Lat = 31° 27.06' S
Long= 60° 22.32' O
Altitud=19,15
m.s.n.m.

Figura 3.1a -Km 32,00. Pcia. de Santa Fe Figura 3.1b georreferenciación del pozo
Santa Rosa de Calchines – Ruta Provincial N° 1

Fecha de Ejecución

Comitente: Sphan

Perforación: Inicio = 08/04/2007 – 17,00 hs.

Finalizó = 16/10/2007 – 20,00 hs.

Profundidad alcanzada = 1514,84 m.b.b.p.

Empresa: Pettarin Vaccarini Perforaciones S.R.L

Responsable técnico de la obra: Gustavo Pettarin – Luis Vaccarini

Inspección de Obra y Control Geológico: Licenciado Daniel Pablo Mársico

Equipo de perforación

- Marca Ideco Pignone H40
- Capacidad perforante : 2300 mts.
- Resistencia a la tracción en cuadro de maniobra y torre: 120 toneladas.

- Mástil extensible Ideco 35 mts de altura capacidad 200 ton.
- Pasteca con gancho de 8 líneas cable 1" Ø para 120 ton.
- Cabeza de inyección Ideco de 120 ton.
- Mesa rotary 22" de pasaje marca Ideco Pignone.
- Cuadro de maniobra de 2 tambores refrigerados por agua para una potencia de 750 HP.
- Todo montado sobre 2 tráileres.

Configuración de la columna de sondeo

La misma fue variando de acuerdo a las necesidades surgidas por la litología que se estaba atravesando, es por eso que solamente se detalla la configuración final.

- Barras
 - 161 de Ø 4 ½" y 5"
- 1HW de Ø 4 ½"
- 1 reducción
- 1 HW de Ø 5"
- 1 reducción
- 7 Portamechas de Ø 6 ¾"
- 1 reducción
- 6 Portamechas de Ø 8"
- 1 cupla y reducción
- trepano de Ø 12 ½"



Figura 3.2 Equipo perforador

Inyección

Lodo - Circuito:

El lodo utilizado fue principalmente agua y bentonita en algunas ocasiones se le adicionó aditivos cuya composición química resultaba inocua al para el medio.

El circuito preparado consistía en: salida de zaranda, circulación por canaleta de material hasta las piletas decantadoras de una capacidad aproximada de 16,00 m³ c/u desde allí es elevada por la bomba a la cabeza de inyección para reingresar nuevamente al pozo.

El agua utilizada para la preparación de la inyección fue provista por el Comitente y se extraía del pozo existente en la locación a la cual se le determinó una conductividad = 1045 µS/cm.

La bentonita fue provista por el perforista en bolsas de 50 Kg, marca La Elcha proveniente de Mendoza.

La preparación del lodo¹ se realizaba en boca de pozo en unos volquetes acondicionados al efecto. Por falta de sensores los únicos controles que se realizaban

¹ Composición básica: 2 bolsas de bentonita cada 4 m³ de agua y 1 litro de Poly Plus

eran: tomas de densidad con balanza Baroid, viscosidad de embudo y en los últimos metros se medía la temperatura y la conductividad.

Los agregados de material se realizaban de acuerdo al comportamiento y al avance de la perforación y según las apreciaciones que se hacían en el circuito.

Los sobrantes de piqueta se vaciaban al campo ya que los productos utilizados resultan ser inocuos para el medio ambiente.

Cronometrajes

Se llevo un registro del tiempo de penetración por metro. En la página siguiente se adjunta un modelo de las planillas de perforación (tabla 3.1) completas que fuesen señaladas en el capítulo anterior y un gráfico de avance metros/tiempo. (Figura 3.4)

Descripción de los trabajos de perforación

Perforación de la sección suprabasáltica

Los trabajos exploratorios dieron comienzo el día 8 del mes de Abril del corriente año y el día 9 del mismo mes alcanzó la profundidad de 89,00 m.b.b.p.

Dichas labores se realizaron en un diámetro de 12 ¼" y demandaron un total de 22 hs para alcanzar la profundidad antes mencionada. Una vez finalizados los mismos se realizó el perfilaje a los efectos de detectar la interfase agua dulce / agua salada. Se detuvieron las labores y se comenzó con el acondicionamiento del equipo para la colocación de la cañería guía.

Con fecha 14 y 15 de Abril se realizó el entubado y cementado de la cañería guía con resultados satisfactorios. (Figura 3.3).

El día 16 se reinician los trabajos de perforación -Ø 12 ¼" - y el día 23 se alcanza la profundidad de 537,00 m.b.b.p. La perforación es detenida nuevamente para efectuar la reparación de la bomba y la instalación de un tanque de agua.-

Perforación de las rocas basálticas

Una vez reiniciados los trabajos durante el primer fin de semana del mes de Mayo se alcanzó el techo de la formación Serra Geral a los 584,00 m.b.b.p., (basaltos alterados) y a los 603,00 m.b.b.p. se ingresa dentro de los basaltos masivos. Se continúa con los trabajos exploratorios hasta la profundidad de 617,00 m.b.b.p. cuando de acuerdo al cronograma estipulado se decide realizar el perfilaje del tramo suprabasáltico y techo de los basaltos. El fondo es corroborado por la empresa que realizó el registro multiparamétrico del pozo.

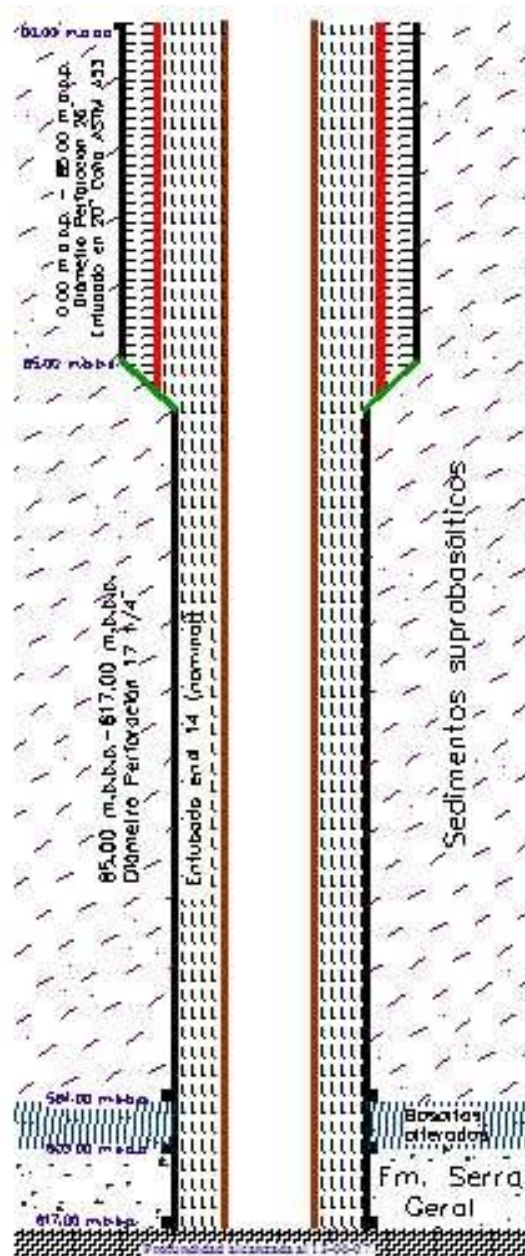


Figura 3.3 Esquema con el primer tramo

Tabla 3.1 - Control de perforación y avance

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------|--------------|--------|---------------------------------|------------------------------------------|-----|---------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| País: Argentina | | | | | | | Comitente: Sphan | | | | | |
| Provincia: Santa Fe | | | | | | | Perforación: A. SF. Xp Sta Rsa Calchines | | | | | |
| Departamento: Garay | | | | | | | Objeto: Exploración Fuente Termal | | | | | |
| Coordenadas Latitud =31° 27.06´ Sur | | | | | | | Datos adicionales | | | | | |
| Longitud= 60° 22.32´ Oeste | | | | | | | | | | | | |
| Cota Boca de Pozo = 19.15 m.s.n.m. | | | | | | | | | | | | |
| Avance Perforación | | Columna de sondeo | | | | Características de la Inyección | | | | | Observaciones* | |
| Profundidad (m.b.b.p.) | Velocidad perforación (en min.) | Trepano | Reducciones | Porta mechas | Barras | Viscosidad en seg. | Densidad Kg/l | pH | % Arena | Composición - Aditivos | R. 0,35 m /T. 0,32m | |
| | | Tipo - Ø | | | | | | | | | Vgo = 9,50 m | |
| 0,00 | | 12 ¼ “ | | | | | | | | Poly Plus | <div>*Nivel de Piletas Gelificación Conductividad Tiempo de Retorno Perforación detenida por</div> | |
| | 3 | | 1 | 1 | 0 | 37 | 1.16 | 6 | | | | |
| 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | 37 | 1.18 | 7 | | | | |
| 2,00 | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 12 ¼ “ | | | | 37 | 1.23 | 7.5 | | | | |
| 3,00 | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | 36 | 1.18 | 7 | | | | |
| 4,00 | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 12 ¼ “ | | | | 37 | 1.22 | 6 | | | | |
| 5,00 | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | 37 | 1.18 | 6.5 | | | | |

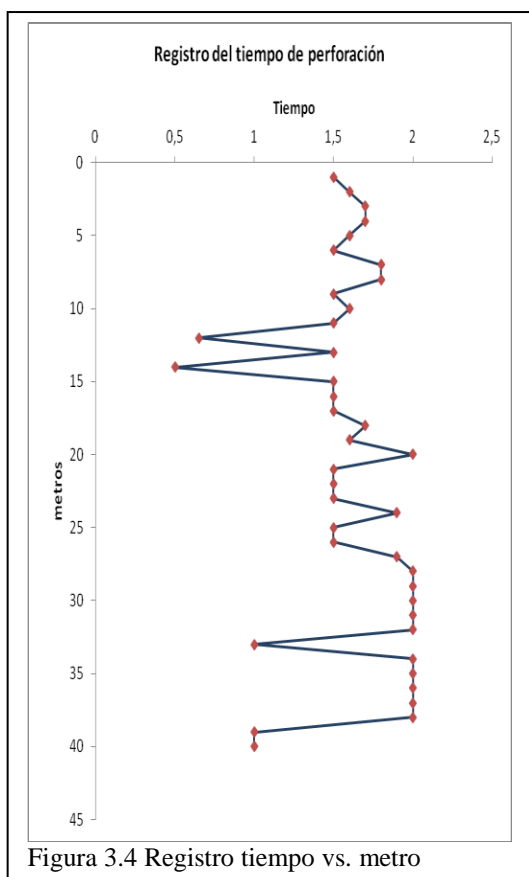


Figura 3.4 Registro tiempo vs. metro

Concluida la testificación geofísica se repasa el pozo y se realiza un ensanche de la perforación a un $\varnothing 17 \frac{1}{2}$ " para realizar el entubado del mismo en un $\varnothing 14$ " (nominal) con cañería ASTM A 53 y API 5L B/A. Posteriormente el espacio anular se rellenó con una lechada de cemento mediante inyección forzada hasta asegurar el colmado total. (Figura 2.39)

Composición de la lechada

- 980 Kgrs de cemento El utilizado fue el adecuado a las condiciones de la perforación teniendo en cuenta parámetros como la salinidad del fluido, presencia de sulfatos, etc.).
- 660 litros de agua.
- Bentonita 3 % del peso del cemento.
- Se utilizaron 35 m³ de la mezcla mencionada. Una vez transcurridas 48 horas se le realizaron las pruebas de estanqueidad correspondientes.

Perforación de las rocas infrabasálticas

A fines de la primera quincena del mes de Julio se comienzan a perforar niveles psamíticos y polícticos – $\varnothing 12 \frac{1}{4}$ "- de la base del basalto para alcanzar a los 1260 m.b.b.p. los sedimentos infrabasálticos.

El día 26 de Julio de 2007 se alcanza la profundidad de 1514,84 m.b.b.p. y por consenso entre la empresa contratista, los inversores y la inspección se dieron por finalizados los trabajos de perforación, disponiéndose a realizar los ajustes necesarios al equipo para comenzar con las tareas de limpieza, desarrollo y pruebas hidráulicas a las cuales se hará referencia más adelante.

Limpieza y desarrollo

Una vez acondicionado el equipo y los materiales se comienza con la limpieza del pozo realizando las maniobras que se detallan a continuación.

- Se levantó la columna de sondeo para sustituir trepano y portamechas por barras.
- Se bajó un caño lavador (Figura 3.5 a) hasta el fondo del pozo y se lo comenzó a limpiar con agua limpia rotando y subiendo lentamente con presión de bomba entre 7 y 18 Kg/cm². Se continuó con este procedimiento hasta que se verificó la ausencia en el agua de impurezas y sedimentos.
- Mediante la inyección de un químico (Tripolfosfato de Sodio –STPP - Na₅P₃O₁₀) se logró remover el revoque que aún permanecía adherido a las paredes del pozo. Se lo dejó actuar por 24 horas.
- Transcurrido este tiempo el pozo se limpió nuevamente mediante circulación con agua limpia y se dispuso a realizar el ensayo mecánico con compresor. 03/08/2007 (Figura 3.5 b)

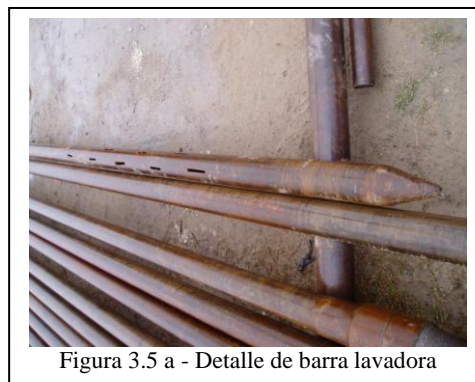


Figura 3.5 a - Detalle de barra lavadora



Figura 3.5 b - Compresor utilizado

Características del compresor: 20 m³/h X 20 Kgrs/ m²
 (Figura 3.5 b)
 Caudal (Q) extraído durante la prueba = 1 8,00 m³/h (estimado)
 Duración de las pruebas: 3 días, el resultado de la maniobra (ver figura 3.5 c)



Figura 3.5.c - Resultado de la maniobra

produce la surgencia de agua limpia. 01-02-03/08.

Luego de realizado el ensayo con el compresor se acondiciona el equipo y se comienza a bombear el pozo con una bomba suministrada por la empresa. 04/08 al 16/08. (Tabla 3.2)

| Tabla 3.2. Valores promedios obtenidos de los ensayos durante el lapso de tiempo mencionado | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Temperatura ½ en ° C | Caudal Q ½ en m ³ /h | Conductividad promedio en µS | Nivel Estático* m.b.b.p. | Nivel Dinámico m.b.b.p. |
| 31,00 | 36,00 | 82.000 | 7,00 | 70,00 |

*Con tendencia a la surgencia cuando se detenía el bombeo.

Pruebas hidráulicas

Debido a que no se pudo realizar el perfilaje en tiempo y forma el equipo permaneció en “stand by” desde el día 08/08/07 hasta el día 16/08/2007 cuando se comenzó a bajar barras para comprobar el fondo del pozo pues se decidió perfilar el pozo con la firma Río Ceballos S.R.L.- Ponti; dicha operación se efectuó el día 17/08/07 con resultados negativos ya que solo fue posible perfilar 200,00 metros, al retirar la sonda el segmento de la misma que realiza el registro gamma se encuentra lleno de agua pues no resistió la presión (Se adjunta perfil 620-820). La empresa aduce que el pozo se encuentra cerrado por lo que desde la firma Pettarin-Vaccarini SRL se decide volver a comprobar la profundidad del fondo nuevamente; el día 18 se verifica la misma en 1514,84 m.b.b.p.

20/08/07 del mismo mes la empresa Roots Soluciones de Mendoza perfila el pozo pero solo con registros de SP - RNC – RNL.

21/08/07 se decidió la ejecución de nuevas operaciones para ensayar el pozo por lo que se vuelve a preparar lodo, armar nuevamente el circuito y acondicionar el equipo para realizar las maniobras estipuladas.

27/08/07. Se acondicionan en la locación los caños camisa de Ø 9 5/8”.

30/08/07. Se realiza un sondeo para registrar temperaturas dentro del pozo hasta los 502,00 m.b.b.p.

A continuación se presenta un resumen con los resultados de dicha operación.

Se realizó la evolución temporal del registro de temperatura en los 502 metros del tramo encamisado. El registro comenzó a las 16:30 horas y llegó a esa profundidad bajando a una velocidad de 8,37 metros/minutos, alcanzando dicha profundidad a las 17:31 horas, se estabilizó la sonda una hora en dicha profundidad y luego se subió a velocidad constante dejándose estabilizar en periodos de 15 minutos cada 50 o 100 metros, hasta 200 m.b.b.p., luego se midió a los 50 m.b.b.p. y en boca de pozo.

El registro total finalizó a las 20:30 horas del 31 de Agosto de 2007. La tabla 3.3 muestra las temperaturas registradas a diferentes profundidades.

| Tabla 3.3 - Valores de T° C obtenidos | | |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
| Hora | Profundidad | Temperatura |
| 18:45 | 502 | 33.5 |
| 19:10 | 450 | 33.5 |
| 19:35 | 400 | 32.5 |
| 20:05 | 300 | 31.0 |
| 20:40 | 200 | 29.0 |
| 20:50 | 50 | 28.5 |
| 21:00 | 0 | 27.5 |

La temperatura del lodo de inyección registrada fue a los 502 metros de 33.5 C, y en boca de pozo alcanzó una temperatura de 27.5 C, por lo que el salto de temperatura fue de 6 C, con un gradiente de 1,19 C/100 metros.

31/08/07 por la tarde se calibra el pozo hasta los 1000,00 metros de profundidad para realizar un tapón de cemento entre los 910,00 m.b.b.p. y los 925,00 m.b.b.p.

05-06/09/07. Se confirma la resistencia -16 toneladas- y profundidad del tapón - 915,00 m.b.b.p. desde donde se entubará y cementará un tramo de la formación basáltica a los efectos de desarrollar con mayor eficiencia los acuíferos infrabasálticos.

07/09/07. Luego de repasar el pozo y bajar el caño calibrador con centralizadores se comienza con la maniobra de entubado y cementado. (Figuras 3.6 a, b y c).



Figura 3.6 a . Cañería utilizada para el encamisado



Figura 3.6.b Caño calibrador



Figura 3.6 c Válvula para cementar

17-18-19/ 09/07. Se vuelve a lavar el pozo con agua limpia e hipoclorito de sodio para realizar el pistoneo. Figuras 3.7 a y b



Figura 3.7.a Hipoclorito par el lavado del pozo



Figura 3.7.b Finalización del lavado

Entre los días 20 y 24 de Septiembre se acondicionaron los caños para la construcción de la cámara de agua y tapón de goma que fue alojado en el tramo cementado.

25/09/07. Se ensaya el pozo con el packer colocado dentro de la cañería suspendida a los fines de limitar la zona de extracción a los niveles inferiores. (Tabla 3.4)

| Tabla 3.4 - Resultados del ensayo realizado el día 25/09/2007 | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|-------|----------------|-----------------------------|------------------------------|
| Día | Hora | Temperatura °C | Conductividad μS | Caudal m^3/h |
| 25/09/07 | 13:30 | 29,0 | Sale de escala | 18,00 |
| | 14:50 | 30,0 | Sale de escala | 18,00 |
| | 16:00 | 40,0 | 110000 | 18,00 |
| | 19:00 | 42,0 | 110000 | 18,00 |
| | 20:00 | 43,0 | 111000 | 18,00 |
| | 21:00 | 44,0 | 111000 | 18,00 |
| | 22:00 | 45,0 | 111000 | 18,00 |
| | 23:00 | 45,0 | 111000 | 18,00 |
| 26/09/07 | 00:00 | 45,0 | 111000 | 18,00 |
| | 01:00 | 45,0 | 111000 | 18,00 |
| | 02:00 | 46,0 | 111000 | 18,00 |
| | 03:00 | 46,5 | 111000 | 18,00 |
| | 04:00 | 46,0 | 111000 | 18,00 |
| | 05:00 | 46,5 | 111000 | 18,00 |
| | 06:00 | 46,5 | 111000 | 18,00 |
| | 07:00 | 46,5 | 111000 | 18,00 |
| | 08:00 | 46,5 | 111000 | 18,00 |
| | 08:20 | 46,9 | 111000 | 18,00 |

El nivel estático oscilo durante todo el ensayo entre los 8.65 m.b.b.p. Registro de la hora 19.00- y los 10,40 m.b.b.p. registro del día 26/09/07 a las 8,00.

26/09/07. Se levanta el packer y se comienza nuevamente con el bombeo para forzar el aporte de los niveles superiores a descender a la profundidad de 1450,00 m.b.b.p. aproximadamente.

Se continua con esta modalidad de bombeo hasta el día 04/10/07. Cuando se decide levantar la cañería que servía de cámara de agua y ensayar el pozo abierto.

05/10/07. Se comienza a bombear hasta el día 16/10. (Tabla 3.5)

| Tabla 3.5 - Planilla con registros del bombeo realizado entre los días 05/10 y 16/10 | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Día | Hora | Temperatura °C | Nivel Dinámico m.b.b.p. | Conductividad μS | Caudal Q m^3/h |
| 05/10/2007 | 1:00 | 31.2 | 44.70 | 57000 | 31,68 |
| | 3:00 | 31,0 | 45.80 | 58000 | 31,68 |
| | 4:00 | 30,0 | 46.90 | 59000 | 31,68 |
| | 6:00 | Corte de luz por tormenta | | | |
| | 8:00 | Corte de luz por tormenta | | | |
| | 22:00 | 30,0 | 40,0 | 57500 | 31,68 |
| 06/10/2007 | 0:00 | 30,0 | 44,0 | 58000 | 31,68 |
| | 2:00 | 30,0 | 47,0 | 61000 | 31,68 |
| | 4:00 | 30,0 | 48,0 | 62300 | 31,68 |

| | Hora | Temperatura °C | Nivel Dinámico m.b.b.p. | Conductividad µS | Caudal Q m³/h |
|------------|--------------------------|----------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| | 6:00 | 30,0 | 50,0 | 64000 | 31,68 |
| | 8:00 | 30,0 | 50,0 | 65000 | 31,68 |
| | 9:00 | 30,0 | 50,0 | 65000 | 31,68 |
| | 12:00 | 30,0 | 50,0 | 65000 | 31,68 |
| 07/10/2007 | 4:00 | 38.5 | 36,0 | 85500 | 36,00 |
| | 5:00 | 39,0 | 37,0 | 85400 | 36,00 |
| | 6:00 | 39,0 | 37,0 | 85400 | 36,00 |
| | 7:00 | 38,5 | 37,0 | 85200 | 36,00 |
| | 8:00 | Sin datos | | | |
| | 9:00 | 39,5 | 34,00 | 85200 | 36000 |
| | 12:00 | 39,5 | 34,00 | 85.200 | 36000 |
| | 15:00 | 39,5 | 34,00 | 86.900 | 36000 |
| | 18:00 | 39,5 | 35,00 | 86000 | 36000 |
| | 21:00 | 39,0 | 35,00 | 86000 | 36000 |
| | 11/10/2007 | 0:00 | 39,0 | 35,00 | 86000 |
| | 3:00 | 39,0 | 34,00 | 85000 | 36000 |
| | 6:00 | 39,0 | 32,20 | 85700 | 36000 |
| | 9:00 | 39.5 | 33,00 | 85800 | 36000 |
| | 12:00 | 40,0 | 30,60 | 88500 | 36000 |
| | 15:00 | 40,0 | 30,60 | 86800 | 36000 |
| | 19:00 | 29,0 | 80,00 | | |
| | 20:00 | 28,0 | 80,00 | 53000 | |
| | 21:00 | 28,0 | 82,00 | 55000 | |
| | 22:00 | 28,0 | 85,00 | 59000 | |
| | 23:00 | 28,0 | 87,00 | 63000 | |
| 12/10/2007 | 0:00 | 28,0 | 90,00 | 63000 | |
| | 1:00 | 28,0 | 92,00 | 63000 | |
| | 2:00 | 29,0 | 95,00 | 63000 | |
| | 3:00 | 29,2 | 95,00 | 65000 | |
| | 4:00 | 29,4 | 95,00 | 66000 | |
| | 5:00 | 29,6 | 95,00 | 68000 | |
| | 6:00 | 30,0 | 95,00 | 68000 | |
| | 7:00 | 30,0 | 95,00 | 69000 | |
| | 8:00 | 30,0 | 95,00 | 69000 | |
| | 9:00 | 30,0 | 98,00 | 69000 | |
| | 16:00 | 30,0 | 88,00 | 66600 | |
| | 18:00 | 30,0 | 90,00 | 65900 | |
| | 20:00 | 30,4 | 98,00 | 66000 | |
| | 22:00 | 30,6 | 106,00 | 68000 | |
| 13/10/2007 | 0:00 | 31,0 | | 70000 | A partir del día 13 el caudal se mantuvo constante entre los 55,00 y 60,00 m³/h |
| | 2:00 | 31,0 | | 70000 | |
| | 4:00 | 31,0 | | 70000 | |
| | 6:00 | 31,0 | | 70000 | |
| | 10:00 | 30,5 | 103,00 | 73000 | |
| | 12:00 | 31,0 | 103,00 | 70300 | |
| | 14:00 | 31,0 | 103,00 | 70500 | |
| | Tabla 3.5 - Continuación | | | | |

| | Hora | Temperatura °C | Nivel Dinámico m.b.b.p. | Conductividad μ S |
|------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------------------|
| 14/10/2007 | 22:00 | 30,5 | 95,00 | 66000 |
| | 24:00 | 30,5 | 96,00 | 67000 |
| | 2:00 | 30,6 | 97,00 | 68000 |
| | 4:00 | 30,8 | 99,00 | 69000 |
| | 6:00 | 31,0 | 100,00 | 73000 |
| | 8:00 | 31,0 | 102,00 | 73000 |
| | Bomba detenida | | | |
| | 14:00 | | 30,00 | |
| | 16:00 | 30,0 | 90,00 | 68000 |
| | 18:00 | 30,0 | 99,00 | 70000 |
| | 20:00 | 36,0 | 100,00 | 68000 |
| | 22:00 | 30,8 | 102,00 | 68000 |
| 15/10/2007 | 24:00:00 | 31,0 | 103,00 | 71000 |
| | 2:00 | 31,0 | 105,00 | 70000 |
| | 8:00 | | 32,00 | |
| | 10:00 | 29,5 | 70,00 | 67000 |
| | 12:00 | 30,5 | 76,50 | 68000 |
| | 14:00 | 31,0 | 100,00 | 67700 |
| | 16:00 | 31,0 | 107,00 | 67900 |
| | 18:00 | 31,0 | 110,00 | 68000 |
| | 20:00 | 31,0 | 124,00 | 70000 |
| | 22:00 | 31,0 | 124,00 | 70000 |
| 16/10/2007 | 2:00 | 29,0 | 34,00 | 66000 |
| | 4:00 | 30,0 | 97,00 | 67000 |
| | 6:00 | 31,0 | 100,00 | 69000 |
| | 8:00 | 31,0 | 102,00 | 70000 |

17/10/07. Se comienza a desmontar el equipo. Fin de la Inspección. Se presenta el diseño final del pozo con los tramos entubados y cementados (Anexo I.a)

Conclusiones

Una vez analizados los resultados obtenidos tanto técnicos como los tiempos de perforación, muestreo litológico y perfilaje de la sección inferior, hidráulicos como los caudales extraídos en cada uno de las pruebas e hidroquímicos, análisis físico-químicos del efluente en cada una de las etapas se concluye que:

No se cree necesario realizar el entubado total del tramo basáltico pues esto conllevaría a una disminución muy importante del caudal haciendo inviable el proyecto ya que el mayor aporte de agua proviene tal como se desprende del perfilaje y de los ensayos realizados de la parte superior de los mismos. En este sondeo y hacia los niveles inferiores se puede apreciar el acercamiento de las curvas lo que estaría significando que la columna de sondeo atravesó por zonas de basaltos masivos.

El modelo que se incluye como diseño final del pozo sería la opción mas viable pues de la observación del mismo se desprende que de seguirse esta propuesta las formaciones geológicas suprabasálticas no se verían afectadas pues ya han sido entubadas en su totalidad. Los ingresos de agua provenientes de los niveles superiores de la formación basáltica se verían obligados a descender logrando varios propósitos:

disminuir la concentración de la mineralización existente en el acuífero infrayacente, elevar su temperatura y aumentar el caudal de producción.

El resultado final sería tener en superficie un efluente con las siguientes características:

- Conductividad promedio de (μS) = 87.480
- Temperatura Promedio ($^{\circ}\text{C}$) = 39,0
- Caudal (Q en m^3/h) = 36,00

Por último los materiales que se piensan utilizar y la ingeniería dispuesta para la construcción garantizaran un óptimo desempeño en el aprovechamiento y además disponer de una rápida respuesta en caso de producirse una contingencia como sería la extracción de la columna.

Información complementaria.

Perfilajes realizados

El registro mediante sonda multiparamétrica de la perforación se dividió en dos etapas:

La primera de ellas la realizó la empresa Century Geophysical Corp y abarcó desde los 85,00 m.b.b.p. (finalización del caño camisa) hasta los 617,00 m.b.b.p.

La segunda presentó varios inconvenientes para su realización en tiempo y forma (fueron informados oportunamente mediante nota de fecha 30/06/07) y después de un intento fallido mencionado anteriormente la empresa Roots Soluciones* perfila el tramo final, 617,00 m.b.b.p. – 1514,87 m.b.b.p.

Ambos registros fueron presentados a las autoridades pertinentes en informes enviados los días 18/07 y 04/09 del corriente año.

Análisis físico-químicos

Se realizaron análisis físico químicos de los pozos de la zona que proveen agua potable a fin de contar con antecedentes a la hora de poner en marcha el plan de monitoreo programado para la etapa de explotación.

Se realizaron ensayos físico-químicos completos del recurso pero al momento de la redacción del presente informe los mismos aún no estaban disponibles por problemas ajenos a los responsables del emprendimiento. De todas maneras estos se comprometen a realizar su entrega una vez que dispongan de los mismos. (Comunicación verbal del inversor).

Otros estudios

Se anexan además estudios topográficos, geomecánicos e hidrológicos a fin de que el gobierno provincial disponga de la mayor cantidad de información posible para efectuar un detallado análisis sobre la totalidad de los trabajos realizados.

Informe Geológico A. SF. Sta. Rsa. Xp – 1 (Santa Rosa de Calchines)

La perforación exploratoria profunda que se realiza en la localidad de Santa Rosa de Calchines realiza un importante aporte para el conocimiento geológico de la cuenca chacoparanaense en la provincia de Santa Fe.

Control geológico

Se recolectaron muestras cada dos metros de profundidad desde la superficie hasta el fondo del pozo.

Las mismas fueron tomadas en zaranda previo cálculo del tiempo de retorno, ajustado cada 10 metros de avanzada la perforación, y lavadas con la misma agua que se utilizó para la inyección. Luego una parte era secada, etiquetada y embolsada para su posterior descripción bajo lupa binocular. El sobrante de la muestra fue dispuesto en bandejas plásticas y entregado al responsable del emprendimiento. -

Columna estratigráfica propuesta

En la tabla 3.6 se define la columna estratigráfica propuesta y el espesor de cada formación



Tabla 3.6 - Perfil geológico propuesto de la perforación A.ER.Xp Sta. Rsa. Calchines 1

| Profundidad Desde-Hasta | Espesor en metros | Cota (m s m.) | Formación | Edad | Período |
|-------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| 0.0 – 3.50 | 3.50 | (T) + 19,15 (B) + 15.65 | Suelo Actual | Holoceno | Cuaternario |
| 3.50 – 20.00 | 16.50 | (T) + 15.65 (B) -0.85 | Grupo Pampa | Pleistoceno Medio a Superior | |
| 20.00– 64,00 | 44.00 | (T) -0.85 (B) -44,85 | Ituzaingó | Pleistoceno inferior Plioceno Superior | |
| 64.00 – 158.00 | 94.00 | (T) - 44,85 (B) -138,85 | Paraná | Mioceno Superior Plioceno Inferior | Terciario |
| 158.00 – ¿?* | 444.00 | (T) -138,85 | Olivos | Mioceno | |
| ? – 602.00 | | (B) -582,85 | Mariano Boedo | Superior | Cretácico - Jurasico + |
| 602.00 – 1.262,00** | 660.00 | (T) -582,85 (B) -1242,85 | Serra Geral y Miembro Solari? | Inferior | |
| 1.262,00 – 1.514.84 | 252.84 | (T) -1242,85 (B) -1495,69 | Yaguarí / Buena Vista? | Superior | Pérmico |

* por la similitudes litológicas encontradas en los sedimentos analizados y los medios que se disponen en el campo fue imposible fijar con precisión la discordancia que separa ambas formaciones

**pase formacional establecido en base a la descripción litológica

En la siguiente página (Tabla 3.7) se detalla un modelo de la descripción litológica realizada en boca de pozo y en el anexo correspondiente (I. b) el perfil geológico definitivo del sondeo.

| Tabla 3.7 - Perforación SANTA ROSA DE CALCHINES - 1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| País: Argentina | | | Comitente: Sphan |
| Provincia de Santa Fe | | | Objeto: Exploración fuente termal |
| Departamento: Garay | | | |
| Coordenadas: Latitud = 31° 27.06´ Sur Longitud = 60° 22.32´ Oeste Cota Boda de pozo = 19.15 m.s.n.m. | | Perforación: A.SF. Xp Sta Rsa,Cchines 1 | Observaciones |
| Profundidad (m.b.b.p) | Descripción Litológica | | |
| 0,00 | Escasa vegetación primaria desarrollada sobre suelo arenoso -Psamitas y pelitas con contenido de materia orgánica. Muestra de coloración castaña oscura. Sin CO ₃ | |  |
| 1,00 | | | |
| | 2,00 m.b.b.p. - 12,00 m.b.b.p. | | |
| 2,00 | Arenas de color amarillento cuyo componente principal es el Qz (cristalino) 99 % V.T.M. - 1% máficos y limos Pobre selección granos ang a sub angulares y sub rd. a rd. | | |
| 13,00 | | | |
| 14,00 | Ídem nivel anterior pero no tan amarillenta. Aparecen algunos granos de Qz partidos por el trepano | | |
| 15,00 | | | |
| | 16,00 m.b.b.p. - 28,00 m.b.b.p. | | |
| 16,00 | Continúan las psamitas de idénticas características de los niveles superiores pero nuevamente se produce un cambio en la coloración (se torna más oscura) Se observan algunos fragmentos de mica (blanca) en estos metros iniciales | | |
| 29,00 | | | |
| | 30,00 m.b.b.p. - 36,00 m.b.b.p. | |  |
| 36,00 | Ídem arenas pero de mejor selección que los niveles suprayacentes, disminuye la fracción fina, la coloración es mas clara. Granos de Qz xilino - 100 % V.T.M. - escasos máficos. Granos sub ang a sub rd y a veces rd | | |

DPM

DPM

Seguidamente y como complemento de la información de campo se hace referencia a la descripción de laboratorio del intervalo 1060 m.b.b.p. / 1500 m.b.b.p. realizada por Delatorre (2010. Modificado) por ser este el sector que presenta interés hidrogeológico al comitente.

Descripción del cutting de la Perforación A.SF.Xp. Sta Rsa.de Calchines 1

1060 m.b.b.p. Muestra contaminada con material obturante.

- **Arenita:** fina, poco a moderadamente consolidada. Clastos subredondeados de cuarzo y feldespato. Escaso cemento calcáreo (reacción moderada). Color verde amarillento grisáceo (5GY 7/2). Dominante.

-**Basalto:** roca de textura porfírica con fenocristales de tamaño muy fino que podrían ser de plagioclasas. Color gris castaño (5YR 4/1). Muy subordinada.

-Observaciones: pequeños recortes de perforación friables, blancos y terrosos con moderada reacción calcárea.

1102 m.b.b.p. Basalto. Ídem anterior. Se encuentra muy teñida con óxidos mayormente rojos y verdes en ocasiones, haciendo difícil el reconocimiento de los cristales. Coloración castaño grisáceo (5YR 3/2). Dominante.

Observaciones: se observan recortes de perforación de relleno de venillas de un mineral blanco que podría ser cuarzo.

1110 m.b.b.p. Basalto: roca dura. Textura porfírica. Posee fenocristales que podrían ser de plagioclasas y feldespatos potásicos? moderadamente alterados inmersos en una pasta de coloración grisácea. La roca está muy oxidada (rojiza) por lo que no se reconocen claramente los minerales. Se observa un mineral de coloración verde pálido (10G 6/2) y otro blanco o traslúcido que podría ser relleno de venillas o cavidades. Color castaño rojizo oscuro (10R 3/4) a negro castaño (5YR 2/1).

1120 m.b.b.p. Basalto: ídem anterior. Abundante mineral verdoso y otro blanco como relleno de cavidades y venillas. Coloración rojo grisáceo (10R 4/2) a rojo muy oscuro (10R 2/2).

1140 m.b.b.p. Arenita: fina, poco consolidada a suelta. Clastos líticos y escasos cuarzosos en una matriz arcillosa rojiza. Color rojo grisáceo (10R 4/2). Dominante.

Basalto: dura. No se reconocen prácticamente cristales y se encuentra muy teñida con óxidos, los que se logran definir están alterados y podrían ser plagioclasas. Se observan gran cantidad de vesículas, algunas parcialmente rellenas de un mineral verdoso claro. Coloración gris castaño (5YR 4/1). Dominante.

1160 m.b.b.p. Basalto: roca alterada de textura porfírica, compuesta por cristales de plagioclasas y máfitos inmersos en una pasta afanítica de coloración rosa muy pálido a gris clara. En ocasiones se diferencian fenocristales de > tamaño. Escasas venillas rellenas con un mineral blanquecino. Presenta tinción con óxidos, color rojo grisáceo (10R 4/2).

1180 m.b.b.p. Basalto: textura porfírica, se reconocen delgadas tablillas de plagioclasa en una pasta de coloración oscura. Color gris verdoso oscuro (5GY 4/1). Dominante.

Roca volcánica: textura porfírica. Cristales de cuarzo?, feldespato, plagioclasas y máfitos en una pasta de coloración rosada muy pálida. Posee microfisuras rellenas de un mineral blanco. Color rojo grisáceo (5R 5/4). Dominante.

Observaciones: se observan recortes de perforación de color blanco con cristales oscuros como motas que podrían pertenecer a relleno de fisuras o al basalto totalmente alterado por el trépano.

1190 m.b.b.p. Basalto: color gris castaño (5YR 4/1). Ídem anterior. Dominante.

Roca volcánica rosada: color castaño rojizo oscuro (10R 3/4). Ídem anterior. Subordinada.

Observaciones: ídem anterior.

1198 m.b.b.p. Roca volcánica: ídem anterior, color castaño oscuro amarillento (10YR 4/2). Dominante.

Basalto: color gris castaño (5YR 4/1). Ídem anterior. Subordinada.

Observaciones: los recortes de perforación de las dos litologías son más pequeños.

1200 m.b.b.p. Muestra muy contaminada con material obturante.

Roca volcánica: textura afanítica, se reconocen cristales de ceolitas/plagioclasas como probables reemplazos la superficie de la roca. La coloración varía por presencia de óxidos, rojo grisáceo (10R 4/2) a castaño pálido (5YR 5/2). Dominante.

1220 m.b.b.p. Basalto: textura afanítica. La pasta varía de grisácea a algo rosada por presencia de óxidos. Se observan vesículas y amígdalas rellenas probablemente por zeolitas. Presencia de venillas rellenas por un mineral blanquecino o verdoso similar al de las vesículas. Color (fresco) negro verdoso (5GY 2/1).

Observaciones: el color varía a castaño medio (5YR 3/4) por presencia de óxidos en la mayoría de la muestra. Presencia de pequeños cristales de reemplazo en la superficie de la roca que podrían ser zeolitas.

1240 m.b.b.p. Basalto: se observa como mineral de relleno de venillas y vesículas carbonatos (reacción moderada) y sulfuros como piritita además de zeolitas, cuarzo y un mineral verde. Ídem anterior.

1260 m.b.b.p. Basalto: no se observan venillas ni vesículas. Color castaño amarillento oscuro (19R 2/2). Ídem anterior.

1280 m.b.b.p. Fangolita: moderadamente consolidada, clastos tamaño limo y arena muy fina. Reacción calcárea moderada. Color rojo grisáceo (10R 4/2) a verde muy pálido (10G 8/2). Dominante.

Basalto: Ídem anterior. Muy subordinada.

Observaciones: lo que se describe como fangolita podría ser lodo de perforación.

1298 m.b.b.p. Fangolita: moderadamente consolidada, clastos tamaño limo y arena muy fina. Reacción calcárea moderada. Color castaño amarillento pálido (10YR 6/2) a verde muy pálido (10G 8/2) Dominante.

Arenita: moderadamente consolidada. Fina, buena selección. Clastos subredondeados de cuarzo principalmente. Color amarillo verdoso pálido (10Y 8/2). Muy subordinada.

Observaciones: lo que se describe como fangolita podría ser lodo de perforación.

1300 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Dominante.

Basalto: textura afanítica. No se observan venillas. Color gris oliva (5Y 4/1) a castaño moderado (5YR 3/4) por presencia de óxidos. Subordinada.

Arenita: ídem anterior. Muy subordinada.

Observaciones: lo que se describe como fangolita podría ser lodo de perforación.

1320 m.b.b.p. Arenita/Vaque muy fino: clastos tamaño arena muy fina a fina. Escasos clastos tamaño limo. Abundante a moderada matriz arcillosa. Cemento de dolomita en parches. Color castaño pálido (5YR 5/2).

Observaciones: en algunos recortes de perforación se observa una costra o pequeños nódulos de un mineral indeterminado de color blanco, no presenta reacción calcárea, probablemente yeso/anhidrita.

1340 m.b.b.p. Fangolita: moderadamente consolidada, clastos tamaño limo y arena muy fina. Reacción calcárea leve. Color castaño claro (5YR 6/4) a verde muy pálido (10G 8/2). Dominante.

Arenita: moderadamente consolidada. Fina, buena selección. Clastos subredondeados de cuarzo principalmente. Color amarillo verdoso pálido (10Y 8/2). Muy subordinada.

Basalto: muy alterado. Textura afanítica. No se observan venillas. Color gris oliva (5Y 4/1). Presencia.

Observaciones: lo que se describe como fangolita podría ser lodo de perforación. Los recortes de perforación se encuentran en tamaños muy pequeños.

1360 m.b.b.p. Arenita/Vaque muy fino: presenta clastos tamaño arena muy fina a limo. Escasa arena fina. Color castaño pálido (5YR 5/2).

Dominante.

Arenita: ídem anterior. Presencia.

Observaciones: en algunos recortes de perforación se observan pequeños cristales de un mineral indeterminado transparente a blanco, el cual no presenta reacción calcárea.

1380 m.b.b.p. Fangolita: moderadamente consolidada, clastos tamaño limo y arena muy fina. Reacción calcárea leve. Color castaño rojizo pálido (10R 5/4). Dominante.

Basalto: Textura afanítica. No se observan venillas. Color gris oliva (5Y 4/1). Presencia.

Arenita: ídem anterior. Presencia.

1400 m.b.b.p. Basalto: Textura porfírica. En algunos recortes se observan cristales muy pequeños de un mineral no determinado. No se observan venillas. Color gris oliva (5Y 4/1). Dominante.

Fangolita: moderadamente consolidada, clastos tamaño limo y arena muy fina. Reacción calcárea leve. Color castaño rojizo pálido (10R 5/4). Subordinada.

Observaciones: lo que se describe como fangolita podría ser lodo de perforación. Los recortes de perforación se encuentran en tamaños muy pequeños

1420 m.b.b.p. Fangolita: moderadamente consolidada, clastos tamaño limo y arena muy fina. Reacción calcárea leve a moderada. Color castaño rojizo pálido (10R 5/4) a verde muy pálido (10G 8/2). Dominante.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1440 m.b.b.p. Basalto: Textura porfírica. En algunos recortes se observan cristales muy pequeños de un mineral no determinado. Se observan venillas rellenas de cuarzo. Color gris oliva (5Y 4/1). Dominante.

Fangolita: moderadamente consolidada, clastos tamaño limo y arena muy fina. Reacción calcárea leve. Color castaño rojizo pálido (10R 5/4). Dominante.

Observaciones: lo que se describe como fangolita podría ser lodo de perforación. Los recortes de perforación se encuentran en tamaños muy pequeños.

1480 m.b.b.p. Arenita/Vaque muy fino: poco consolidado a suelto. Presenta clastos tamaño arena muy fina a limo. Escasa arena fina. Reacción calcárea moderada. Color castaño amarillento pálido (10YR 6/2). Dominante.

Basalto: textura afanítica. Color gris oliva (5Y 4/1) a gris castaño (5YR 4/1) por presencia de óxidos. Presencia.

1500 m.b.b.p. Fangolita/Vaque muy fino: poco consolidado. Presenta clastos tamaño arena muy fina a limo. Escasa arena fina. Reacción calcárea moderada. Color rojo pálido (10R 6/2). En ocasiones se ve color blanco a verde muy pálido (10G 8/2).

Cutting proveniente del lavado del pozo Arenita: fina a muy fina. Suelta. Clastos de cuarzo, feldespato y líticos subordinados. Moderada a buena selección. Color rosa anaranjado grisáceo (5YR 7/2). Dominante.

Vaque muy fino: poco consolidado. Clastos tamaño arena muy fina a limo. Escasa arena fina. Reacción calcárea moderada. Color castaño amarillento pálido (10YR 6/2). Presencia.

Complemento del informe técnico de la perforación Santa Rosa de Calchines 1

A continuación y a pedido de las autoridades a nivel provincial se mencionan algunas consideraciones sobre las conclusiones realizadas en el informe principal.

En cuanto a los materiales:

Es necesario mencionar que todos los ensayos realizados fueron preliminares y se utilizó materiales diferentes a los propuestos para el diseño final del pozo, cañería de acero vs. cañería plástica HDPE High Density Polyethylene; esto sumado a las características físico químicas de las aguas termominerales lleva a plantear a los responsables del emprendimiento la realización de exhaustivos controles sobre el comportamiento del mismo durante la etapa de explotación monitoreada descripta mas abajo.

No se ha pensado inicialmente en el montaje de una cañería filtro y prefiltro debido a las características litológicas (Arcillas sumamente tenaces. Ver tiempos de perforación) y a la estabilidad que han demostrado tener las formaciones geológicas que aportan el recurso. Confirma este hecho pues el pozo se lavó en dos oportunidades, el tiempo de bombeo alcanzo las 300 horas aproximadamente y durante las últimas pruebas no se registro presencia de sedimentos en superficie. Este hecho también se confirma por la ausencia de sedimentos clásticos en las muestras de agua recolectadas. De todas maneras y si con el correr del tiempo es necesario su colocación, el diámetro final de la perforación y aún considerando que hay un estrechamiento debido al tramo entubado (820,00 m.b.b.p. – 915,00 m.b.b.p.) permitiría la instalación de la mencionada cañería.

En cuanto a la hidroquímica

A los fines de determinar los componentes mayoritarios del recurso alumbrado y realizar una caracterización primaria del mismo se diseñaron los siguientes diagramas de acuerdo a los ensayos realizados y en todos ellos es posible observar claramente la gran concentración de iones cloruros y sulfatos que posee, por lo tanto se las podría catalogar como cloruradas, sulfatadas, cálcicas. (Tabla 3.8 y Figuras 3.8 a, b y c).

| Tabla 3.8 - Caracterización Físico- Química Santa Rosa de Calchines 1 | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Analitos | 21/08/2007 | 26/09/2007 | 13/10/2007 |
| Cloruros (expresado como Cl), mg/l | 11060 | 77000 | 30750 |
| Dureza Total (expresado como CaCO ₃), mg/l | 7680 | 1360 | 7370 |
| Amoniacó (expresado como NH ₃), mg/l | 5,8 | 0,5 | < 0,2 |
| Nitritos (expresado como NO ₂ ⁻), mg/l | 0,3 | 0,1 | 0,22 |
| Nitratos (expresado como NO ₃ ⁻), mg/l | 15,7 | 5,00 | 17,00 |
| Sulfatos (expresado como SO ₄ ⁼), mg/l | 3245 | 29.360 | 8010 |
| Arsénico (expresado como As), mg/l | 0,021 | 0,018 | 0,1 |
| Calcio (expresado como Ca), mg/l | 4320 | 1200 | 1240 |
| Cromo (expresado como Cr), mg/l | 0,1 | - | - |
| Hierro (expresado como Fe), mg/l | 3,2 | 5,3 | 0,8 |
| Magnesio (expresado como Mg), mg/l | 3360 | 160 | 6130 |
| Flúor (expresado como F ⁻), mg/l | < 1 | < 2 | < 0,2 |

Primer análisis

En el protocolo correspondiente al primer ensayo realizado se notó fuertemente la influencia de los aportes de las aguas provenientes de los niveles superiores (techo de los basaltos).

Esto provocó una gran disminución en la temperatura como así también en la conductividad por lo que se decidió ensayar los sedimentos de la formación geológica subyacente a las coladas basálticas.

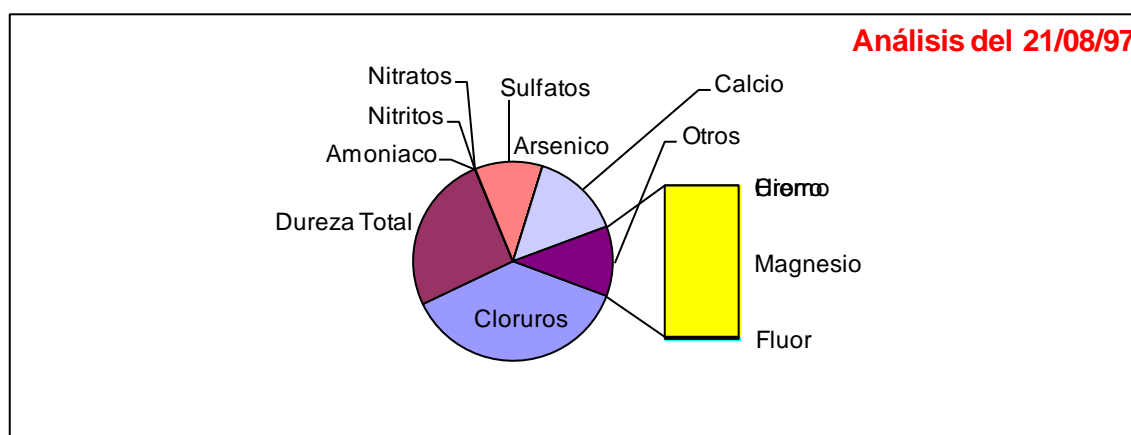


Figura 3.8 a. Primer muestreo del recurso

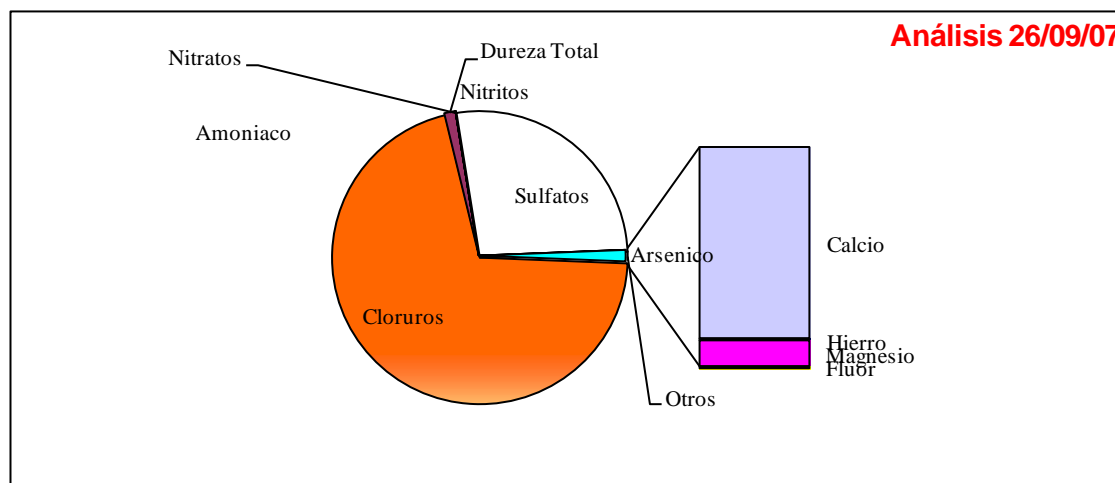


Figura 3.8 b. Segundo análisis

Claramente se nota un aumento en la salinidad del efluente al provenir de los niveles sedimentarios clásticos de las Formaciones Pérmicas.

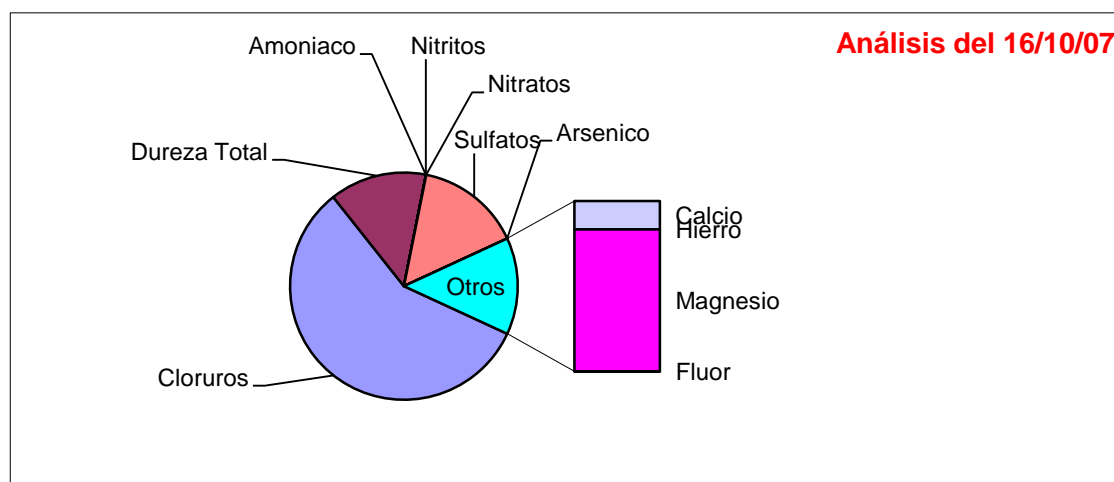


Figura 3.8 c. Último análisis antes del retiro de la Inspección de Obra

En el gráfico precedente se especifican las características hidroquímicas del recurso alumbrado con aportes de los niveles superiores de la Formación Serra Geral y de los sedimentos infrabasálticos sin la cámara de agua instalada. Si bien disminuye notablemente la mineralización esta opción de explotación se consideró inviable por la disminución de la temperatura.

Todos los análisis han sido realizados en la Universidad del Litoral-Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas-Departamento de Ciencias Biológicas - Sección Aguas. Por razones ajenas a la Inspección de Obra no se determinó Na (Sodio); elemento este más que importante para determinar la concentración salina del recurso.

En cuanto a la hidráulica

Caudal En el siguiente diagrama, (Figura 3.9), es posible observar que el mayor caudal en los ensayos realizados es aportado cuando se realiza el ensayo incluyendo los basaltos.

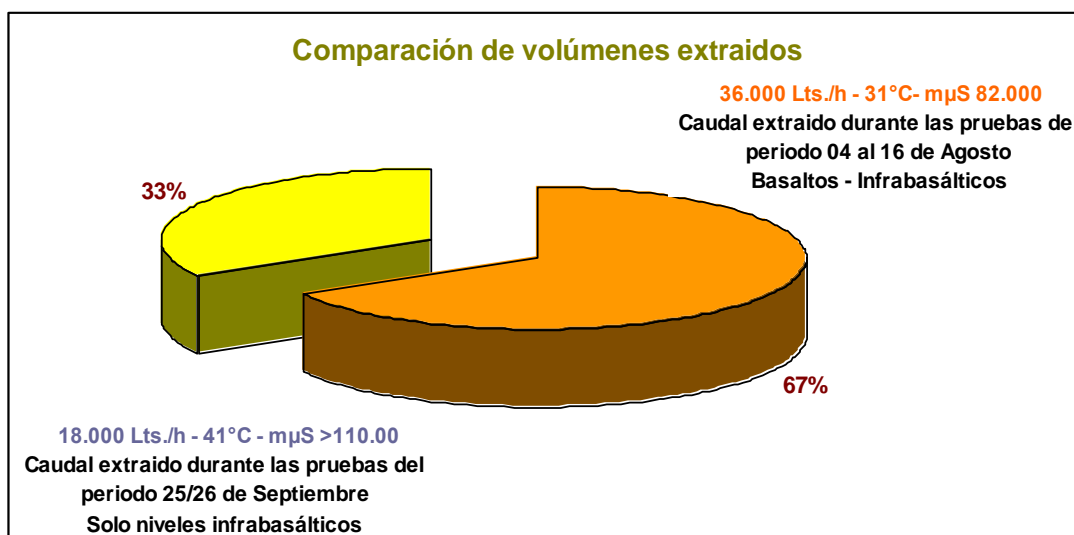


Figura 3.9 - Diagrama comparativo de los caudales extraídos de acuerdo a la yacencia del recurso

NE y ND Al realizar un análisis de los niveles estáticos y dinámicos registrados* durante todas las pruebas realizadas es posible deducir que la explotación programada en 36,00 m³/h no presentaría inconvenientes ya que el pozo posee una buena recuperación**.

***Nivel estático:** 7.00 m.b.b.p. con tendencia a surgir cuando se interrumpía el bombeo

Nivel Dinámico:

- Mínimo 24 m.b.b.p.
- Máximo 124,00 m.b.b.p.
- Promedio 70,44 m.b.b.p.,

**Se tomaron como ejemplos los ensayos realizados durante los días 12 y 14 de octubre por ser estas fechas las más completas en cuanto a registros realizados.

Durante el día 12 y después de 9 horas de bombeo continuo el ND solo descendió 8 metros.

En el día 14 y después de 8 horas de bombeo el ND desciende 6 metros 96 m.b.b.p. – 102 m.b.b.p. hasta que es detenido el ensayo por problemas en la bomba. Una vez reiniciadas las pruebas después de 6 horas el N.D. medido alcanza los 30,00 m.b.b.p., (recupera 72 metros).

Esto hace suponer que en una explotación de 10 horas y tomando como punto de partida el ND promedio, este solo descendería alrededor de unos 20 metros.

De todas maneras se recalca en la necesidad de un monitoreo constante de estos niveles cuando el pozo entre en un verdadero régimen de explotación.

En cuanto a la geología

Ya se ha hecho mención anteriormente sobre la estabilidad de los sedimentos tanto interbasálticos como los infrabasálticos que fueron atravesados y que dicho equilibrio está corroborado por las numerosas perforaciones de idénticas características realizadas en otro sector de la cuenca chacoparanaense.

Es importante destacar que al realizar una comparación entre los tiempos de perforación y las litologías atravesadas se observa con mayor claridad lo enunciado en párrafos anteriores y sirve además para reflejar las interestratificaciones existente entre

los 1285,00 m.b.b.p. y los 1385,00 m.b.b.p. aproximadamente. Aunque es menester aclarar que muchas veces el avance rápido de la columna no se debe a que la misma atraviesa formaciones blandas sino a variaciones en las condiciones de la perforación.

No se desconoce la posibilidad de que con el correr del tiempo se produzca la formación de cavernas o lo que sería peor el derrumbe de las paredes del pozo reduciendo el caudal a niveles que tornarían inviable la realización del parque termal. Pero existen los antecedentes que en ninguna de las perforaciones antes mencionadas, con varios años de explotación que llevan, se ha podido demostrar fehacientemente que ocurran este tipo de fenómenos.

Es claro que con la ingeniería que se propone el riesgo que se asume a que ocurran hechos como los que se han venido mencionando es mucho mayor; es por eso que se ha pensado en proponer a las autoridades competentes de realizar una explotación controlada.

Esta estaría basada en realizar un estricto monitoreo sobre las variables que se mencionan a continuación al menos durante los dos primeros años de explotación:

Adecuar la boca de pozo para:

- El registro de manera continua de
 - Temperatura
 - Caudal (con caudalímetro totalizador).
 - Presión
 - Conductividad
 - Medición de niveles

El conocimiento en las variaciones (aumento o disminución) en cualquiera de estos parámetros permitirá ajustar las condiciones de explotación del recurso.

- Toma de muestras para la realización de análisis físico-químicos y bacteriológicos (trimestral)

Servirán para demostrar que las condiciones hidroquímicas de explotación mencionadas en el informe principal se mantienen a través del tiempo.

- Instalación de hidrociclones, los mismos serán adecuados a las características del caudal explotado.

La inspección diaria permitirá evaluar con precisión los m³/día de sedimentos arrastrados en boca de pozo

- Control de incrustaciones.
- Control de corrosión.

De detectarse dichos fenómenos (por pérdida de caudal) se procederá a la limpieza del sistema.

Consideraciones ambientales

Desde la programación de los trabajos exploratorios hasta la terminación de la boca de pozo los responsables del emprendimiento tuvieron siempre presente la premisa de preservar no solo el ambiente natural que rodea el sitio donde se instaló la locación sino también proteger los recursos subterráneos mas someros a través del entubado y posterior cementado del tramo suprabasáltico.

Dentro de las medidas para preservar las condiciones naturales se realizó un Estudio de Impacto Ambiental (Etapa Exploratoria) y se puso en práctica un Plan de Gestión que la empresa debió cumplir mientras se desarrollaba el sondeo, atendiendo, entre otras cosas a conservar ordenada la locación, a la disposición correcta de los residuos de

obras y los generados por la actividad humana, cartelería de seguridad y disposición de combustibles y lubricantes. En las figuras 3.10 a y b es posible observar un antes y un después de terminado el sondeo y antes de proceder a la terminación definitiva de la boca de pozo.



Figura 3.10.a - Locación al comienzo del sondeo



Figura 310 b - Final de los trabajos

Como parte final de este párrafo en las páginas siguientes se incluye la tabla, 3.9 a y b, donde se detalla la curva de inversiones a realizar y los costos orientativos de una perforación termal como la descrita considerando que los documentos legales vigentes en la provincia estipulan que se debe entubar todo el tramo basáltico. (Ver anexo ambiental)

COMISION DE FONDOS

OBRA: "PERFORACION DE AGUAS TERMALES"

Tabla 3.9 a - Costos estimados de una perforación

| ITEM N° | DESCRIPCION DE LAS OBRAS | UN. | IMPORTE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | Tarea Previas, Obrador, Movilización de Equipos, etc. | GL | \$ 620.000 | 50,00% | 10,00% | | | | | | 40,00% |
| 2 | Perforación de las Formaciones Sedimentarias Superiores | MI | \$ 570.000 | | 100,00% | | | | | | |
| 3 | PERFORACION EN ROCA BASALTICA | | | | | | | | | | |
| 3.a | En Ø 12 1/4" | MI | \$ 650.000 | | | 50,00% | 50,00% | | | | |
| 3.b | Entubado del tramo en Ø 9 5/8 " | MI | \$ 2.010.000 | | 80,00% | 20,00% | | | | | |
| 4 | Perforación en ROCAS INFRABASÁLTICAS en Ø 8 1/2" | MI | \$ 450.000 | | | | 100,00% | | | | |
| 7 | Encamisado en Ø 6 nominal | MI | \$ 1.000.000 | | | | | 50,00% | 50,00% | | |
| 8 | PROVISION E INSTALACIÓN DE FILTROS | | | | | | | | | | |
| 8.a | Filtros de ranura continua "Enchaquetados" de Acero Inoxidable, Ø. 6" (nominal) | MI | \$ 850.000 | | | | | | | 100,00% | |
| 8.b | Cañería portafiltro | MI | \$ 57.000 | | | | | | | 100,00% | |
| 9 | Estudios de la perforación, ajuste de proyecto, y elaboración de informes | GL | \$ 300.000 | | | | | 100,00% | | | |
| 10 | Limpieza, desarrollo y ensayos de bombeo - Cabezal del pozo, cerco perimetral, instrumentos de medición, obras complementarias. | GL | \$ 540.000 | | | | | | | 70,00% | 30,00% |
| TOTALES | | | \$ 7.147.000 | 3,97% | 15,34% | 18,99% | 17,16% | 10,48% | 12,51% | 14,85% | 6,71% |

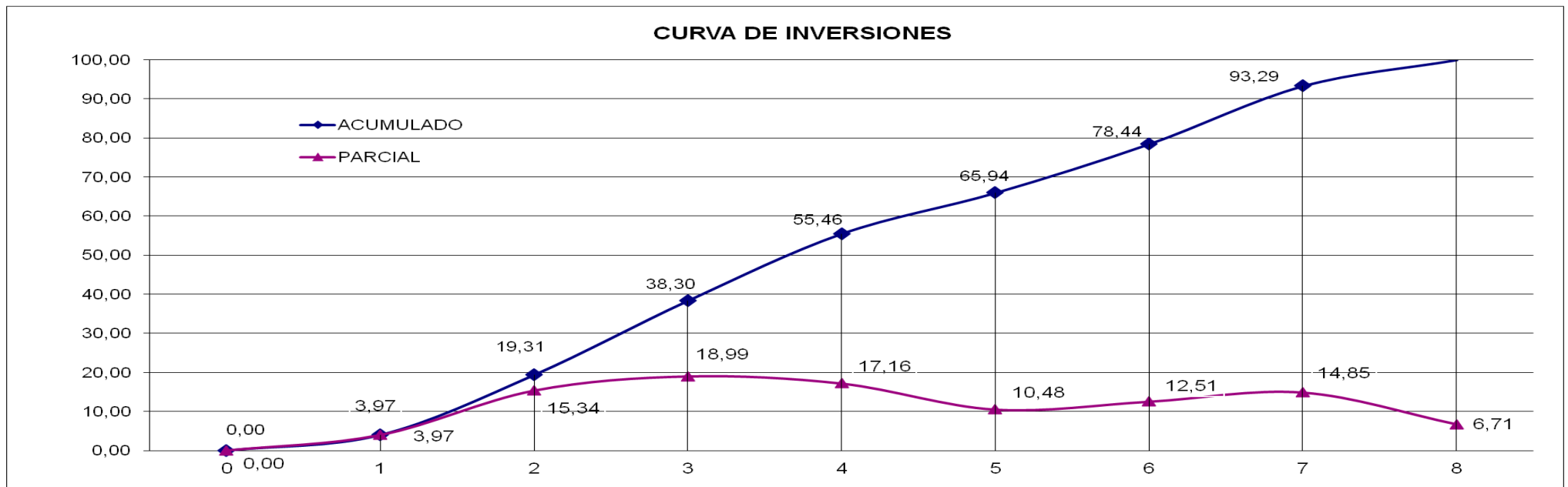
PRESUPUESTO: \$ 7.147.000

1 Dólar = 4.61 Pesos Argentinos

1 Euro = 6,11 Pesos Argentinos

PLAZO DE EJECUCION: 60 días

Tabla 3.9 b
COMISION DE FONDOS
OBRA: "PERFORACION DE AGUAS TERMALES"



| TIEMPO DE EJECUCION | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| INVERSION PARCIAL | 0,00 | 3,97 | 15,34 | 18,99 | 17,16 | 10,48 | 12,51 | 14,85 | 6,71 |
| INVERSION ACUMULADA | 0,00 | 3,97 | 19,31 | 38,30 | 55,46 | 65,94 | 78,44 | 93,29 | 100,00 |

PRESUPUESTO : \$ \$ 7.147.000

ANEXO TÉCNICO

3.2.2 Geológicos - Hidrogeológicos

La reseña de los resultados desde este aspecto serán presentados tomando como base los patrones estratigráficos que es posible definir en el subsuelo provincial; estos son: *el basamento cristalino, las sedimentitas infrabasálticas, las coladas lávicas y la cobertura suprabasáltica.*

Primeramente se presentará una descripción litológica de las formaciones geológicas atravesadas por los sondeos y sus condiciones hidráulicas, prestando una especial atención a los tres primeros de los sectores mencionados por ser estos los que responden en forma directa a los objetivos de la tesis.

Una vez señaladas las características geohidrológicas de las formaciones, se realiza una correlación estratigráfica entre las perforaciones tomando como base los trabajos mencionados en las tablas 2 16 a y b.

Finalmente se realizan una serie de consideraciones basadas en estos perfiles; una cronoestratigrafía comparativa del subsuelo provincial, un mapa con el techo de las coladas basálticas y un mapa estructural, elementos estos que servirán de aporte al modelo hidrogeológico y estructural regional.

Columnas estratigráficas y descripción litológica

Siguiendo a Iriondo (1987) y a Mársico (2011) en las tablas 3.10 y 3.11 se detalla la estratigrafía propuesta para el territorio provincial considerando dos sectores: uno oriental y el otro occidental

| Tabla 3.10 - Columna estratigráfica propuesta para el borde occidental | | |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| Formación | Edad | Período |
| Suelo Actual | Holoceno | Cuaternario |
| Grupo Pampa | Pleistoceno Medio a Superior | |
| Ituzaingó | Pleistoceno inferior Plioceno Superior | |
| Paraná | Mioceno Superior Plioceno Inferior | Terciario |
| Olivos | Mioceno | |
| Mariano Boedo | Superior | Cretácico - Jurásico + |
| Serra Geral y Miembro Solari? | Inferior | |
| Yaguari/Buena Vista? | Superior | Pérmico |

| Tabla 3.11 Columna estratigráfica propuesta para el borde oriental. | | |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Formación | Edad | Período |
| Suelo actual | Holoceno | Cuaternario |
| Hernandarias | Pleistoceno Medio | |
| Salto Chico | Pleistoceno inferior Plioceno Superior | |
| Paraná | Mioceno ⁺ - Plioceno ⁻ | Terciario |
| Fray Bentos | Oligoceno - Mioceno | |
| Puerto Yerúa | Superior | Cretácico ⁻ Jurásico ⁺ |
| Serra Geral y Miembro Solari | Inferior | |
| Botucatú/ Tacuarembó | Superior | Triásico |
| Piramboía* | Superior | Pérmico |
| Yaguari/Buena Vista? | | |
| Basamento Cristalino** | | Precámbrico |

*Solo en pozos ubicados sobre el SAG

** Perforaciones en San José, Colón, Concepción del

Como se enunciara más arriba en los siguientes párrafos se describen las formaciones geológicas traspuestas por los sondeos; enunciando en primer término las observaciones de cutting realizadas en boca de pozo para luego incorporar algunos de los

estudios realizados en diferentes centros de investigación con el objetivo de ampliar el conocimiento de las respectivas litologías y sus condiciones hidráulicas.

- **Basamento Cristalino** o también basamento hidrogeológico de la cuenca -(Padula y Mingramm, 1968).

Se describieron en boca de pozo fragmentos de rocas holocristalinas con textura hipidiomorfa granular, de grano mediano, composicionalmente están integradas por feldespatos alcalinos (ortosa y microclino) calcosódicos (plagioclasas), abundante cuarzo y minerales máficos (biotita y hornblenda). (Mársico 2007) (Figura 3.11) En el cuadro 3.1a y 3.1 b se muestra como ejemplo los análisis de laboratorio realizados al cutting proveniente de esta sección geológica de las a la perforación A.ERXp. C del U 2 y A.ER.Xp S José 1.



Figura 3.11 Cutting del basamento cristalino 1000 m.b.b.p. A ER.Xp C del U 2 (2005)

Detalle de muestras: Fragmentos de roca angulosos planos de hasta 1 cm de tamaño, contenidos en cinco bolsas plásticas rotuladas como **460, 470, 480, 490 y 501**. La cantidad de muestra en cada una de ellas es, respectivamente, de 200 gr, 50 gr, 55 gr, 55 gr y 440 gr, respectivamente. Las muestras se hallan en estado húmedo y, de acuerdo a la información proporcionada por el Solicitante, se corresponden con el recupero de perforación realizada en la zona de Concepción del Uruguay (Entre Ríos), a niveles de profundidad que coinciden, en m.b.b.p. con la identificación de los recipientes contenedores.

Análisis requerido: Identificación de fragmentos correspondientes a “Basamento Cristalino”.

Tratamiento realizado en Laboratorio: Se identificó la mineralogía/petrografía de detritos de las muestras indicadas en forma directa, con auxilio de lupa binocular (objetivos en tambor de hasta 25x; ocular de 10x).

Resultados del Análisis

- **Muestra 501:** se compone de fragmentos monominerales y poliminerales (fragmentos líticos). Los primeros, de hasta 4 mm de longitud máxima, están representados por cuarzo, de color blanco. Los fragmentos líticos son mayoritarios en la muestra, y se corresponden con la asociación cuarzo- feldespato-biotita (roca granitoide); estos fragmentos son los que alcanzan las mayores dimensiones (hasta 10 mm), presentando textura granuda de grano grueso.
- **Muestra 490:** se compone de fragmentos líticos, representados casi en su totalidad por igual asociación y textura que la Muestra 501.
- **Muestra 480:** se compone de fragmentos líticos con la asociación cuarzo-feldespatos-biotita, reconociéndose dos texturas granudas: una de grano grueso (fragmentos idénticos a los reconocidos en las Muestras 490 y 501) y otra de grano fino; en los fragmentos asociados a esta última textura, disminuye notablemente la cantidad de biotita. Se identificaron escasos fragmentos líticos de muy elevado índice de color y textura afanítica, atribuibles a roca basáltica.
- **Muestras 470 y 460:** se componen de fragmentos líticos con la asociación cuarzo -feldespatos-biotita, con textura granuda de grano fino, idénticos a los así descritos en la Muestra 480.

Conclusiones: Las muestras pueden asimilarse al ‘Substratum Proterozoico’ de Padula (1972), representado en el entorno de la región por granito rojo (Basamento Cristalino del oeste de Uruguay), que fuera alcanzado a profundidades de 970-1100 m.b.b.p. (Padula, 1972: 214-215). - Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas - Universidad Nacional del Litoral - Laboratorio de Sedimentología FICH-UNL IT 16-1105 1

Cuadro 3.1ª

ANÁLISIS DE CUTTING - PERFORACIÓN SAN JOSÉ -EMPRESA PETTARÍN VACCARINI PERFORACIONES S.R.L.

Introducción

Se describen a continuación dos muestras de cutting, identificadas como 882 y 885, correspondientes a la perforación efectuada por la empresa Pettarín Vaccarini Perforaciones S.R.L., en la localidad de San José (Entre Ríos). El objetivo del análisis es determinar la litología de dichas muestras.

Metodología

El material fue lavado, sacado y observado bajo lupa binocular, con el fin de seleccionar recortes de las distintas litologías presentes y estimar sus porcentajes relativos. Los recortes seleccionados fueron disgregados con mortero y los fragmentos resultantes montados en preparaciones transitorias, para ser observados microscópicamente, empleando nitrobenceno como líquido de inmersión.

Resultados

Se indican a continuación los porcentajes relativos de las distintas litologías correspondientes a las muestras de cutting analizadas.

Muestra 882,00 m.b.b.p.

Color general en seco: naranja rojizo moderado (10R 6/6)

Color general en húmedo: rojo moderado (5R 7/4)

-Feldespatos (con neto predominio de ortosa sobre plagioclasa) color rosado naranja moderado (10R 7/4) 60%

-Cuarzo gris muy claro (N8) 16%

-Fragmentos líticos de basaltos gris castaño claro (5YR 6/1) 10%

-Fragmentos líticos probablemente de granitos calcialcalinos, con textura hipidiomorfa granular, constituidos por feldespatos ($\cong 75\%$, con neto predominio de los alcalinos), cuarzo ($\cong 20\%$), máficos ($\cong 5\%$, con neto predominio de micas y hornblenda), de color naranja rojizo moderado (10R 6/6) 8%

-Fragmentos líticos de pelitas rojo pálido (5R 6/2) y oliva claro (10Y 5/6) 5%

-Minerales máficos (biotita, hornblenda, epidoto), gris verdoso oscuro (5GY 4/1) 1%

Todos los fragmentos observados son angulosos, ya que corresponden a trozos de roca rotos por el trépano y no a clastos de rocas sedimentarias.

Muestra 885 m.b.b.p. :

Color general en seco: gris castaño (5YR 4/1)

Color general en húmedo: rojo grisáceo (10R 4/2)

-Fragmentos líticos de granodioritas de grano fino, con textura hipidiomorfa granular, constituidos por feldespatos ($\cong 60\%$ con neto predominio de plagioclasas sobre ortosa), cuarzo ($\cong 18\%$), máficos ($\cong 22\%$, con neto predominio de hornblenda sobre biotita), de color gris verdoso oscuro (5GY 4/1) 80%

Fragmentos líticos de pelitas castaño claro (5YR 6/4), rojo pálido (5R 6/2) y oliva claro (10Y 5/6) 20%

Discusión

Muestra 882 m.b.b.p.:

Este nivel está integrado principalmente por rocas plutónicas ácidas (granitos) de grano mediano a grueso, por lo que al ser rotos por el trépano se fragmentan en sus componentes, originando un cutting en el que predominan los feldespatos alcalinos (ortosa), acompañados por feldespatos calcosódicos (plagioclasas), cuarzo y minerales máficos. El grado de angulosidad de los fragmentos indica que son recortes y no clastos componentes de una roca sedimentaria

Muestra 885 m.b.b.p.:

Los principales componentes de este nivel son los fragmentos de granodioritas de grano fino (80%). Están acompañadas por un porcentaje importante de fragmentos de pelitas (con tamaños que pueden superar los 2cm), cuya presencia se atribuye a contaminación desde los niveles superiores. Dra. Rita Tófaló. M.P.Nº 1162.. Área Sedimentología. Departamento de Ciencias Geológicas UBA.

Cuadro 3.1 b

Hidráulica

Las estructuras que permiten la acumulación y movimiento de agua en rocas ígneas efusivas y cristalinas se definen como conductores hidráulicos a diferencia de los medios con porosidad primaria donde el término es acuífero. Aunque existen algunos antecedentes de caudales extraídos del basamento cristalino en la R. O. del Uruguay, los caudales aportados desde estas rocas en la perforación C del U 1 como se verá más adelante, hacen que las posibilidades acuíferas para el basamento cristalino, son más que escasas por lo cual se considera al mismo como basamento hidrogeológico de la cuenca.

Para las rocas que conforman el basamento cristalino y que ya han sido descritas la capacidad de almacenar agua va a depender principalmente del grado de fracturación que tenga la roca, el tipo, el tamaño y la interconexión que exista entre estas

Tipo y tamaño de fractura

Si se relaciona el almacenamiento de agua con el tipo de fractura, es posible distinguir cuatro casos

- Diaclasas de tensión: localizadas principalmente en las crestas y los senos de los pliegues isoclinales.
- Fracturas de tensión: debido aun buen desarrollo de las redes de fracturas y su interconexión se generan grandes espacios de circulación y almacenamiento dentro del cuerpo rocoso.
- Fracturas de corrimiento: permiten el almacenamiento de grandes volúmenes de agua en el macizo rocoso debido a que dos o más fallas se cortan formando ejes de intersección con grandes espacios o cavernas.

Fracturas por descompresión: se originan por la pérdida de carga litostática en los cuerpos ígneos y metamórficos por erosión o falta de las unidades sobrepuestas generando una serie de fracturas horizontales o subhorizontales paralelas a la superficie, que funcionarían como colectores del flujo circulante. Montaña (2001). Citado por Mársico 2007.

Estos dos últimos casos explicarían la presencia de agua dentro del basamento cristalino como lo muestran los ensayos realizados (Tabla 3.12) por la firma Huincan S.R.L. en 1997 en el pozo anteriormente citado.

Tabla 3.12. Ensayos en el pozo A.ER. Xp C. del U. 1 - Huincan SRL 1997

| Parámetros | Ensayo N°1 | Ensayo N°2 | Ensayo N°3 | Ensayo N°4 | Ensayo N°5 |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Tramo | 1217/ 1046,09 | 1046,26 / 828,99 | 828,03/723,77 | 721,06/492,59 | 490,48/391,45 |
| Tiempo de Fluencia | 3:15 hs | 19,15 hs | 18:15 hs | 2:35 hs | 5:12 hs |
| Presión de fluencia Inicial | 11,60 Kg./cm ² | 34,57 Kg./cm ² | 4,95 Kg./cm ² | 16,42 Kg./cm ² | 19,86 Kg./cm ² |
| Presión de fluencia final | 21,19 Kg./cm ² | 82,33 Kg./cm ² | 67,62 Kg./cm ² | 24,06 Kg./cm ² | 37,24 Kg./cm ² |
| Caudal por pistoneo | Sin entrada | 4,45 lt/h | Nivel agotado | Semiagotado | 5000 lt/h |

Ensayo 1 = Reservorio de baja presión, mala permeabilidad, muy baja transmisibilidad

Ensayo 2 = Reservorio de buena presión, buena permeabilidad, buena transmisibilidad

Ensayo 3 = Reservorio de mala permeabilidad, baja capacidad de aporte y pobre recuperación

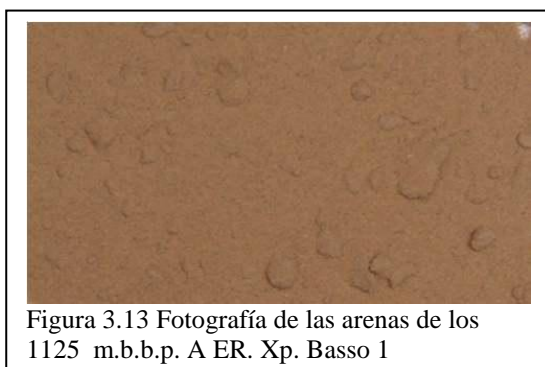
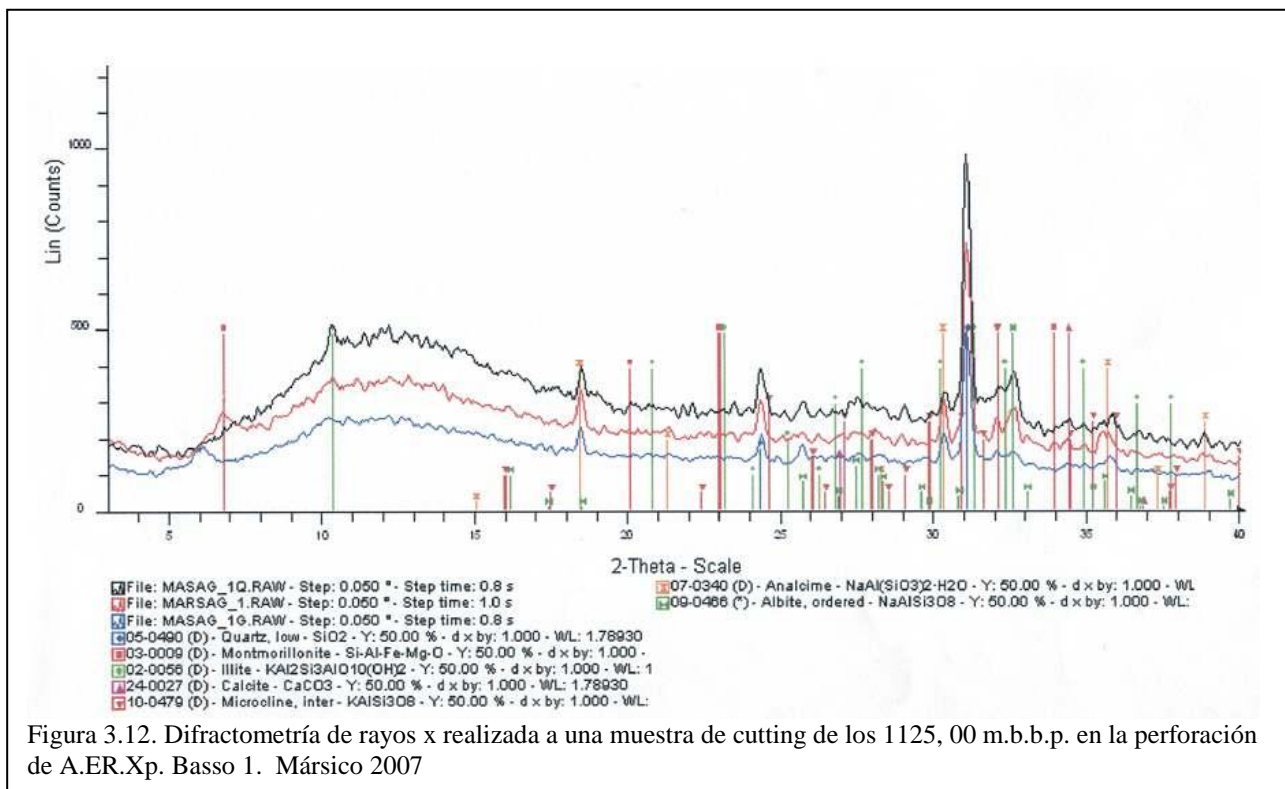
Ensayo 4 = Reservorio con baja capacidad de aporte y baja permeabilidad

Ensayo 5 = Reservorio con buena capacidad de aporte, buena permeabilidad, muy buena transmisibilidad de presión y fluido.

Los ensayos solo se realizaron en el basamento cristalino y no se consideraron para el estudio los aportes provenientes de los basaltos -

→ **Formación Yaguarí/Buena Vista?** (Padula y Mingramm, 1968)

Los sedimentos de la sección infrabasáltica de algunas perforaciones estudiadas, sobre todo las del sector occidental han sido atribuidos con dudas a estas Formaciones hasta tanto se dispongan de análisis petrográficos y de datación más completo a pesar de que en la difracción de rayos x (Figura 3.12) de una muestra de esta sección aparecen componentes litológicos asimilables a la primera de las mencionadas.



Para la perforación Basavilbaso 1 en las descripciones litológicas de campo se señalaron para este intervalo psamitas castañas oscuras. Se trata de arenas bien seleccionadas de grano fino, con granos de cuarzo como material dominante subredondeados y redondeados con muy pocos máficos. (Mársico 2005)- (Figura 3.13)

En su trabajo YPF S.A. Sondeos Basavilbaso, Diamante, La Paz, Villaguay, Santa Rosa de Calchines y El Dorado. Recortes de perforación. Estudio litológico (Delatorre 2010) describe para las muestras de Basavilbaso que subyacen a las coladas basálticas:

1000 m.b.b.p. Arenita: fina a muy fina. Consolidada. Clastos subredondeados compuestos por cuarzo y feldespatos. Buena selección. Muy escaso cemento calcáreo. Presenta tinción con óxidos. Color castaño pálido (5YR 5/2). Dominante.

Basalto: la pasta presenta tablillas de plagioclasa tamaño fino. Abundantes óxidos rojizos. Minerales verdosos como reemplazo y relleno parcial de vesículas. La pasta está parcialmente alterada a minerales arcillosos? rojizos y se observan en sectores localizados abundantes tablillas de plagioclasa. Color gris rojizo (10R 4/2). Subordinado.

Basalto: ídem anterior. Gris oscuro medio (N4). Muy subordinado.

1025 m.b.b.p. Arenita: ídem anterior. Dominante. **Basalto:** ídem anterior. Subordinada.

1050 m.b.b.p. Roca volcánica: gris rojizo (10R 4/2). Ídem anterior.

1062 m.b.b.p. Base de los basaltos según la testificación geofísica

1075 m.b.b.p. Fangolita: moderados clastos muy finos a limo. Grada a vaque. Moderada a escasa reacción al ácido clorhídrico. Rosa anaranjado grisáceo (10R 8/2). Dominante.

Arenita: muy fina, consolidada. Clastos de cuarzo subredondeados, buena selección. Abundante cemento calcáreo.

Color gris rosada (5YR 8/1). Presencia.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1100 m.b.b.p. Fangolita: escasos clastos muy finos sueltos. Rosa anaranjado grisáceo (10R 8/2). Dominante. **Basalto:** ídem anterior. Presencia.

1110 m.b.b.p. Fangolita: color rosa anaranjado moderado (10R 7/4). Ídem anterior. Dominante. **Basalto:** ídem anterior. Presencia.

1120 m.b.b.p. Fangolita: abundantes a moderados clastos muy finos a limo.

Escasos clastos finos. Grada a vaque. Castaño rojizo pálido (10R 5/4). Dominante.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1130 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Color castaño claro (5YR 6/4). Dominante.

Arenita: clastos sueltos muy finos, subangulosos a subredondeados, compuestos predominantemente por líticos oscuros, subordinado cuarzo y feldespato. Color rojo moderado (5YR 4/4). Muy subordinado.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1140 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Grada a vaque. Dominante.

Arenita: muy fina, consolidada. Clastos subredondeados a subangulosos, cuarzo y feldespatos predominantes. Buena selección. Abundante calcita y dolomita como cemento y reemplazo? Color castaño rojizo pálido (10R 5/4). Muy subordinado.

1150 / 1160 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior.

1170 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Dominante. **Basalto:** ídem anterior. Presencia.

1180 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Color naranja rojizo moderado (10R 6/6).

1190 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Color castaño rojizo pálido (10R 5/4). Dominante.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1200/1210/1220 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Dominante.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1230 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Color castaño rojizo pálido (10R 5/4) predominante y gris verdoso (5GY 6/1) escaso. Dominante.

Basalto: ídem anterior. Muy subordinado.

1240 / 1250 / 1256 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Color castaño rojizo pálido (10R 5/4). Dominante.

Basalto: ídem anterior. Muy subordinado.

1250 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Dominante.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1256 m.b.b.p. Fangolita: ídem anterior. Dominante.

Basalto: ídem anterior. Presencia.

1257.92 m.b.b.p. (final) Arenita: muy fina, suelta. Clastos subredondeados, cuarzo y feldespatos predominantes, muy escasos líticos oscuros. Buena selección. Color rosa anaranjado grisáceo (5YR 7/2).

“El basalto descrito es material contaminante” Esta premisa es válida ya que los tiempos a partir de la perforación desde los 1062, m.b.b.p. descendieron notablemente, cuestión que fue confirmada por la testificación geofísica realizada (Delatorre, 2010) Modificado

Para la perforación llevada a cabo en la ciudad de La Paz la misma autora describe para los **900 m.b.b.p. una arenita cuarzosa:** fina, suelta. Clastos compuestos por cuarzo predominante, muy escasos feldespatos líticos, subangulosos a subredondeados, bien seleccionados. Muy escaso cemento calcáreo en parches. Color anaranjado muy pálido (10YR 8/2) y para los **1001 m.b.b.p. Basalto:** textura afanítica, no alterada, gris verdosa oscura. Se observan muy escasos reemplazos arcillosos (clorita?) y silíceos. Color negro oliva (5GY 2/1). Dominante.

Limolita / roca volcánica: muy fina a limo, microgranuda, consolidada. Subredondeados a subangulosos, moderadamente bien seleccionados. Teñida con óxidos rojizos. Color rojo moderado (5YR 3/4). Subordinada.

Hidráulica

Estos sedimentos estarían condicionando el comportamiento hidráulico de la formación constituyéndose en un acuífero de bajo rendimiento y baja transmisividad.

Seguidamente y a modo de ejemplo se incluye un ensayo de formación a pozo abierto (DST) realizado por la empresa Halliburton (1998) en el sondeo A.ER.Xp.Gychú 1 una vez finalizados los trabajos de exploración.

Fondo: 1000,5 m.b.b.p. (Nota: posiblemente pozo cerrado en 945 m.b.b.p..)

Ancla: 714 m.b.b.p.

Pakers: 704,36 y 706,14 m.b.b.p.

Porta Memora: 710,98 m

Hydrospring Teste Valve: 700,35

Tramo ensayado total: 294.m

Tiempos de ensayo y flujos:

Primer flujo: 32' Primer Cierre: 7,30 hs.

Burbujeo instantáneo, constante, moderado a fuerte (aire); débil al final. Presión máxima de fluencia aproximada en superficie: 24 # (libras/pulgadas²).

Segundo flujo: 10' Burbujeo instantáneo, constante, débil.

No se realizó segundo cierre. -

Observaciones:

El anclaje de la herramienta se realiza en el único lugar posible, más cercano al acuífero; sobre el último basalto. Hasta el fondo del pozo el calibre esta en un promedio de 12", (304 mm). -

Luego de varios intentos, a distintas profundidades, finalmente el ancla fijó en la posición señalada.

La bajada y sacada de la herramienta de ensayo fue normal.

Caudal: Recuperó aproximadamente 3000 lts. de lodo con densidades variables entre 1,030 y 1,080. gr./lts.

Nivel del fluido: 12 m bajo boca de pozo.

Presión de capa estimada: con densidad media 1,050 para 706 m.b.b.p.. : 74,13 kg./cm.

Presión hidrostática normal : 70,6 Kg/ cm² , con densidad 1,0001.

Pronóstico de superficie

En caso de ser el fluido agua, el pozo sería surgente o semisurgente.

Presiones registradas (lecturas de campo, tomadas s / gráficos)

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| → Presión hidrostática inicial: 82,8 kg./cm ² | Temperatura: 89,8 °F |
| → Presión de flujo inicial (per): 30,6 Kg/ cm ² | Temperatura: 89,8 °F |
| → Presión de flujo final 1er: 73,08 kg./ cm ² | Temperatura: 89,5 °F |
| → Presión del Primer Cierre: 76,32 kg./ cm ² | Temperatura: 89,5 °F |
| → Presión de flujo inicial (2 ^{do} .): 73,44 kg./ cm ² | Temperatura: 89,5° F |
| → Presión de flujo final (2 ^{do} .): 75,65 kg./ cm ² | Temperatura: 89,5° F |
| → Presión hidrostática final: 76,32 kg./ cm ² | Temperatura: 89,5° F |

Análisis de campo

Buena presión de flujo. La entrada de fluidos disminuye a medida que el sondeo se va llenando. La entrada es muy escasa al final. El pozo tiende a "ahogarse". La buena presión de reservorio estabiliza rápidamente y su valor es levemente superior a la hidrostática normal.

Pronósticos:

Buena permeabilidad del tramo ensayado y buena recuperación de la presión de reservorio, estabiliza rápidamente; indicativo de un reservorio muy amplio. Posible daño de formación. Demasiado lodo en el pozo para remover en un ensayo. (Volumen estimado 20 m³; volumen desplazado 3,0 m³ en ½ hora.

Ensayo final de terminación

Luego de entubado y engravado el pozo; se bajó herramienta con barra lisa y punta jet (4 orificios de 1/2 "); hasta los 948 m.b.b.p.

Por un problema operativo en boca de pozo, al desengancharse la columna de sondeo, se produce la caída de la misma desde los 948 m.b.b.p. a los 966 m.b.b.p. Este inconveniente generó una maniobra con punto de pesca en 18 m.b.b.p.; con resultados positivos en el segundo intento.

Superado este problema se comienza con la inyección de agua limpia suministrada por el Parque Industrial para el lavado del pozo, produciendo un desplazamiento del fluido de inyección con agua.

Esta operación duró varios días; entre el 23/12/98 y el 28/12/98, en forma gradual se fue levantando la herramienta hasta la zona de caño ciego. (Mársico 2006)

“El informe de DST nos permite realizar los siguientes comentarios:

- 1) El volumen total de fluido que ingresó a la sarta fue de aproximadamente 2,8 m³. Realizando un promedio de caudales basados en la diferencia de pendientes nos muestra valores iniciales de alrededor de 130 m³/día, debido al efecto de la implosión, declinado luego a valores de 10 m³/día..
Dado que el pozo no resultó surgente estos valores no deben ser tomados como representativos.
- 2) La presión extrapolada de la formación, con un análisis de Herner, nos arroja un valor de 1062 psi. a 711 m de profundidad y 1089 psi. a 730 m de profundidad, donde parece comenzar la zona de interés. Del mismo análisis se obtienen datos de permeabilidad de 2,38 md con presencia de algo de daño reflejado en el valor de Skin.
- 3) La presión hidráulica que alcanzó a levantar la columna de agua fue de 1056 psi lo que arroja un cálculo de densidad promedio de la mezcla de 1060 g/cm³. Si llenáramos el pozo con agua de 1000 g/cm³, tendríamos 60 psi a favor de la formación que podría esperarse como presión de fluencia.
- 4) Basándonos en características de formación calculadas y presiones alcanzadas, se simuló curvas de declinación para dos diferentes presiones de fondo fluyentes (900 y 1037 psi), lo cual nos muestra que la capacidad o caudal de aporte de la capa (730 a 740 m), estaría en el orden de 2,4 a 7,2 m³/día. Cabe resaltar que estos valores provienen de una simulación y uso de ecuaciones de flujo netamente matemáticas, por lo tanto su uso debe ser considerado con mucho cuidado, ya que no siendo posible realizar mediciones de flujo en el campo. La temperatura registrada en el punto de fijación del packer fue de 31.7 °C.

Por encima de 700 m el perfil no permite identificar claramente zonas con potencial de producción de agua a pesar de observarse posibles arenas con buenos valores de porosidad (600 a 615 m) que ameritan un estudio más detallado, contando con información complementaria de ayuda” (Halliburton 1998)

— **Formación Piramboia** (Walther, 1911)

Los sedimentos de esta formación se encuentran subyaciendo a las rocas de la formación Botucatú dentro de lo que es el área abarcada por el SAG, (Figura 3.14) por tal motivo solo fueron perforados en los sondeos realizados en el borde nororiental de la provincia.

Para el campo se describieron en el pozo de Federación a los 1200 m.b.b.p. areniscas limosas muy finas sin cementar. Muy bien seleccionada. Granos subredondeados de cuarzo, escasos líticos. Moderada tinción por óxidos de Fe y escasos fragmentos de mica. (Figura 3.15).



Figura 3.15 - Muestra de boca de pozo del cutting extraído

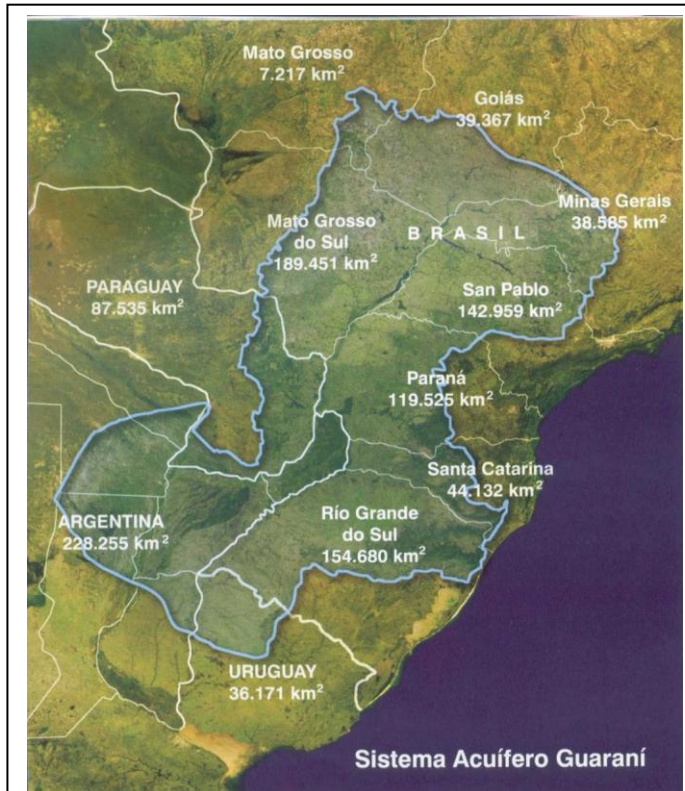


Figura 3.14 - Ubicación del área del SAG en los cuatro países. Santa Cruz (2009)

— **Formación Botucatú** (Castellanos 1965)



Figura 3.16 - Arenisca de la formación Botucatú. Muestra de la perforación. Imagen ampliada

A los sedimentos anteriores y en el mismo pozo le suprayacen areniscas finas a medianas de colores pardos violáceos rojizos, rosados, amarillentos y grises blanquecinos. con intercalaciones arcillosas, arenosas y psefíticas finas. Tiene el cuarzo como componente principal en cristales redondeados a subredondeados. Figura 3.16.

El óxido de hierro y magnesio que las impregnan les dan colores rojizos. La consistencia de esta varía desde friable hasta dura mediante cementación de Ca_2CO_3 .

En su estudio litológico Sese, M. y Schelotto, M. (LCV 2011) los describen para el mismo sector pero en este caso para el sondeo Concordia 3.

1015 m.b.b.p. Arenisca cuarzo feldespática fina, subordinada muy fina poco consolidada a friable. Buena selección. Clastos subangulosos a subredondeados de feldespatos. Matriz arcillosa calcárea. Muy escaso cemento calcáreo

1025 m.b.b.p. Arenisca fina, subordinada muy fina, consolidada a moderadamente consolidada. Buena selección. Clastos subredondeados a subangulosos de cuarzo hialino teñidos con óxidos, rojizos y amarillentos, feldespatos, micas y escasos líticos negros. Matriz limo arcillosa. Cemento silíceo por sectores calcáreos. Leve reacción calcárea. Moderada porosidad visual.

1050 m.b.b.p. Arenisca fina, subordinada muy fina moderadamente consolidada, rosa grisáceo. Buena Selección. Clastos subredondeados de cuarzo translucido. Matriz limosa; cemento calcáreo. Moderada a fuerte reacción calcárea. Buena porosidad visual

Hidráulica

Por su litología y los ensayos hidráulicos realizados a posteriori de los trabajos exploratorios convierten a ambas formaciones en acuíferos de buen rendimiento aunque de una transmisividad media.

- **Formación Serra Geral y areniscas acuíferas del Miembro Solari.** (Derby, 1879)

Es considerada como una de las efusiones magmáticas básicas de mayor extensión mundial. Está compuesta por basaltos toleíticos de grano fino y tonalidades gris oscura y pardas rojizas con intercalaciones de areniscas rojas presentándose en el territorio provincial en coladas individuales de espesores muy diversos.

Como ejemplo de lo expresado se transcribe parte de las descripciones litológicas de campo realizadas durante el sondeo exploratorio llevado a cabo en la ciudad de Gualeguaychú en el año 1988, para el sector de las coladas basálticas 473,00/ 729,00 m.b.b.p.

- **Sector 460,00/ 485,00 m.b.b.p.**

Pelitas y arcillitas de color castaño rojizo moderado, consolidadas, las primeras están integradas por granos tamaño limo de Qz y feldespato.

Limolitas y areniscas muy finas a finas de color marrón rosado. Es pobre la reacción con HCl. Minerales verdosos (cloritas - zeolitas? > al 1 % V.T.M. Clastos de Qz de una selección moderada a mala, translucidos, blancos y grises, tamaño arena mediana a sábulo

Fragmentos de rocas afaníticas de origen volcánico de color gris mediano y castaño oscuro muy consolidadas. Algunos recortes presentan amígdalas rellenas por sílice, otras parcialmente y otras vacías > al 2 % V.T.M.

- **Sector 510,00/ 550,00 m.b.b.p.**

Basaltos gris claro y pardo rojizos grano mediano. Fragmentos de Qz y aparece un mineral blanquecino. No hay reacción con el HCl. Algunos fragmentos presentan amígdalas rellenas por un mineral verdoso (¿cloritas - zeolitas?).

- **Sector 565,00/ 595,00 m.b.b.p.:**

“Basaltos; grano fino a medio, color gris verdoso oscuro y gris castaño, fragmentos con parches irregulares de color gris claro, fragmentos pequeños de color verde amarillento 35 % VTM

Fragmentos de **arcillas castaño rojizas**, 5 % V.T.M.

Clastos conglomerádicos 1 - 4 mm. de Qz polixilino . Arena ídem niveles superiores 60 % V.T.M. Cemento CO₃ como ligante de los cristales de Qz.Escasa reacción con HCl.

Areniscas 50% V.T.M., sub ang. a sub rd., varicolor, fina a mediana, mala selección, Qz. Polixilino. Recortes de Qz. Varicolor, cortados por el trepano de tamaño muy grueso posible/ formen parte de un conglomerado.

Arcillitas limosas castaño rojizas, buena plasticidad, frágiles de hábito terroso y en escamas. Componente principal de la fracción limo cuarzo y algunos feldespatos”.

- **Sector 650,00/ 700,00 m.b.b.p.:**

Basaltos compactos, de coloración gris oscura a gris verdosa. Grano mediano.

El ajuste realizado entre las litologías descriptas con los perfiles eléctricos indican que se pueden diferenciar de arriba hacia abajo el siguiente “arreglo” de “electrofacies”

Electrofacies D) arcillas y arenas, castaño rojizo, poco consolidado a friables (tope)

Electrofacies C) roca ígnea gris media y castaño rojiza., poco consolidada (medio superior)

Electrofacies B) roca ígnea gris media moderada consolidación (medio Inferior)

Electrofacies A) roca ígnea gris oscura, consolidada (base)

El análisis petrográfico de estas rocas ígneas realizado sobre muestras de “cutting” indica: “roca afanítica de origen volcánico, color gris mediano (N5) a gris mediano oscuro (N4), y que se encuentra muy consolidada. Algunos recortes presentan rellenos de sílice. La composición microscópica, muestra que está compuesta por cristales de plagioclasas, clinopiroxenos y minerales opacos (magnetita, hematita, ilmenita), textura intergranular e intersecetal. Los componentes se presentan alterados parcialmente. En las plagioclasas se ha originado una fina cubierta arcillosa, mientras que los minerales ferromagnéticos han sido profundamente afectados y se encuentran recubiertos por un agregado castaño compuesto principalmente por óxidos. La presencia de sílice amorfa o criptocristalina deriva de rellenos de amígdalas basálticas”. (Tófalo, 1998).

Los perfiles eléctricos muestran que la variación de valores de estas rocas estarían vinculados con la dureza de las mismas, la alteración y las variaciones en su composición.

Respecto de los niveles clásticos, el análisis de laboratorio indica que: “...las arenas están compuestas por clastos de cuarzo moderadamente seleccionados, tamaño arena mediana a sábulo. Son granos incoloros o amarillentos y algunos individuos presentan pátina ferruginosa, dominan las formas equidimensionales y son subangulosos a subredondeados. Acompañan, limolitas y areniscas muy finas de color naranja rosado moderado (10R 7/4), debida a la presencia de cemento constituido por óxidos de hierro, los clastos que forman el esqueleto son predominantemente cuarzosos. Acompañan arcillitas ferruginosas de color naranja rojizo moderado 10 R 6/6 y el de sílice amorfa o criptocristalina. “ . “la enorme mayoría del cuarzo es de origen detrítico y probablemente forme bancos de arenas y areniscas pobremente cementadas e interestratificadas con los basaltos, al igual que las areniscas muy finas y limolitas. Las escasas arcillitas ferruginosas pueden constituir parte del material ligante de las areniscas o corresponder a finas intercalaciones entre las mismas”. (Tófalo, 1998).

Para el caso de los análisis de laboratorio Delatorre (2010) describe para la perforación de la localidad de Diamante desde los 900,00 m.b.b.p. hasta la profundidad final alcanzada de 1554,00 m.b.b.p.:

900 m.b.b.p. Arenita: media a gruesa. Suelta. Subordinada fina a muy fina. Moderada a pobre selección. Clastos de cuarzo subangulosos a subredondeados, muy escasos feldespatos y líticos verdosos. Escasa matriz arcillosa. Cemento arcilloso y escaso cemento calcítico. Anaranjado grisáceo (10YR 7/4).

1430 m.b.b.p. Arenita cuarzosa: fina a muy fina, clastos sueltos. Subordinada media a gruesa. Moderada selección. Clastos de cuarzo subredondeados y muy escasos feldespatos. Matriz arcillosa? castaña. Castaño amarillento pálido (10YR 6/2) y gris muy claro (N8) si sólo se tiene en cuenta los clastos sueltos. Dominante.

Basalto: textura porfírica. Escasos cristales de feldespato muy finos inmersos en una pasta oscura. Compacto. Color gris oscuro (N3). Subordinado.

1460 m.b.b.p. Muestra contaminada con material obturante. **Fangolita:** masiva, fractura irregular. Escasas inclusiones clásticas, grada a arcilita. Color rojo pálido (10R 6/2). Dominante.

Basalto: abundantes máfitos oscuros (piroxenos) muy finos a limo, inmersos en una pasta oscura no alterada. Color gris oscuro (N3).

1488 m.b.b.p. Muestra contaminada con material obturante. **Basalto:** abundantes cristales de plagioclasa en una pasta oscura y fresca. Ídem anterior.

1490 m.b.b.p. Basalto: ídem anterior. Moderados máfitos oscuros muy finos. Muy escasos feldespatos alterados muy finos.

1500 m.b.b.p. Arenita: muy fina. Compacta, consolidada. Predominantes clastos de cuarzo, escasos feldespatos, subredondeados, bien seleccionados. Escasa matriz oscura. Color gris oscuro (N3) a gris oscuro medio (N4).

1510 m.b.b.p. Arenita: fina a muy fina, escasos cristaloclastos medios. Compacta, consolidada. Clastos de cuarzo predominantes, escasos feldespatos, subangulosos a subredondeados, moderadamente seleccionados. En algunos sectores se encuentra teñida con óxidos. Escasa matriz oscura. Color gris oscuro (N3) a gris oscuro medio (N4).

1520 m.b.b.p. Basalto: pasta muy fina oscura, compuesta por tablillas de plagioclasas, color gris oscuro medio (N4).

1535 m.b.b.p. Basalto: ídem anterior.

1540 m.b.b.p. Arenita: muy fina, consolidada y compacta, clastos subangulosos a angulosos, compuesto por predominante cuarzo, feldespatos y líticos muy escasos. Escasa matriz arcillosa. En ocasiones se observa clorita como cemento. Color rojo grisáceo (10R 4/2).

1550 m.b.b.p. Arenita: muy fina a limo, consolidada y compacta, clastos subangulosos a subredondeados, compuesto por predominantes líticos? y escaso cuarzo. **En ocasiones se observan arcillas (clorita?)** como reemplazo. Color gris verdoso (5GY 6/1).

1554 m.b.b.p. Muestra contaminada con material obturante.

Basalto: pasta muy fina oscura, compuesta por tablillas de plagioclasas, color gris oscuro medio (N4) y rojizo. 90% VTM

Arenita: ídem anterior. 5% VTM

Muestra proveniente del lavado del pozo

Arenita: fina a media, suelta. Clastos subredondeados compuestos por feldespatos y cuarzo, escasos líticos castaños. Buena selección. Color castaño.

— Areniscas del Miembro Solari (Fourous 1904)

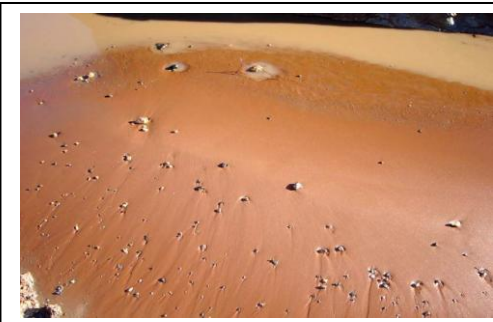


Figura 3.17 Areniscas del Miembro Solari – Perforación A ER Xp Dte 1 2007

Interestratificaciones arenosas y arcillosas arenosas de coloración pardo rojiza que aparecen en todos los perfiles de los pozos estudiados. (Figura 3.17)

Vista bajo la lupa binocular se trata de arenas cuarzosas finas a medianas y raramente gruesas de buena selección. Individuos de cuarzo, generalmente hialino, subangulares a subredondeados y a veces redondeados de coloración rojiza. Hay presencia de arcillas caoliníticas, con impregnaciones ferruginosas.

Hidráulica

El almacenamiento de agua dentro de las coladas basálticas y sus intercalaciones como ya se ha explicado puede responder a dos cuestiones, una relacionada a la fracturación y su interconexión dentro de la propia colada y la otra a la presencia de estas últimas.

Es necesario aclarar que los parámetros hidráulicos en este tipo de medio son considerados impredecibles debido a la discontinuidad que presenta el mismo. Por lo tanto es posible definir a este tipo de rocas como las acuífugas basales de los sistemas acuíferos que se desarrollan por encima de las mismas. (Silva Busso 1999).

— Formación Mariano Boedo (Mingramm, 1965)

Sobreyaciendo en discordancia a los basaltos y solamente identificada en el pozo Santa Rosa de Calchines (Provincia de Santa Fe), esta unidad geológica está constituida predominantemente por areniscas finas a medianas, de coloración variada, predomina el cuarzo sub redondeado a sub angular y como minerales secundario aparecen algunos máficos.

Hidráulica

La litología mencionada le confiere las características de un acuitardo



Figura 3.18. Fragmentos de la formación Puerto Yeruá

— Formación Puerto Yeruá (De Alba y Serra, 1959)

Reconocida en todos los pozos del sector oriental de la provincia está conformada por areniscas, arcillas y limos de colores castaños y castaños rojizos moderados en capas intercaladas en todo el espesor formacional.

El componente principal de las arenas es el cuarzo cristalino y a veces los granos presentan tinción por óxidos de hierro, dominan las formas equidimensionales y son subangulares a subredondeadas con una buena selección y escasos

máficos. (Figura 3.18)

Hidráulica

Debido a la extensión regional que presenta esta unidad geológica se comporta como un acuífero libre en las áreas de afloramiento y confinado cuando subyace a las rocas de la Formación Fray Bentos.

→ **Formación Fray Bentos** (Lambert, 1940)

En el campo se han descripto para esta formación, calcáreos de dureza y coloración variable, aunque predominan los castaños, aparecen intercalados con niveles de arena mediana a fina, de buena selección y granos subangulares a subredondeados y a veces redondeados de cuarzo. Hay tinción por óxidos de hierro.

Hacia los niveles inferiores se suceden intercalaciones de arcillas y arenas medianas a finas de coloración castaña rojiza, granos de cuarzo de selección moderada a media y de formas subangulares a subredondeados.

Hidráulica

Silva Busso (1999) le confiere un carácter acuitardo y/o acuicludo.

→ **Formación Olivos** (Groeber, 1961)

Como sucede con la formación suprayacente, está integrada por una sección superior predominantemente arcillosa y otra inferior, arenosa. En las descripciones litológicas se señalan arcillas de tonalidades rojizas muy plásticas y con presencia de carbonatos.

Hidráulica

En su trabajo Regiones hidrogeológicas de la Republica Argentina Auge (2004) le otorga características hidráulicas de un acuífero confinado de baja productividad.

→ **Formación Paraná.** (Bravard, 1858)

De la base al techo fue posible reconocer arcillas verdes compactas, arcillas pardas con algo de yeso, arenas grises, finas y medianas, con intercalaciones discontinuas de arcilla verde, algo arenosa y, finalmente arcillas verdes y arenas arcillosas. (Figura 3.19)

Hidráulica

Para Auge (2004) estas sedimentitas se comportan como un acuicludo en la sección inferior y acuífero en la superior.



Figura 3.19 - Arenas arcillosas de la Formación Paraná

→ **Formación Salto Chico / Ituzaingó.** Rimoldi, 1963) (De Alba, 1953)

A los efectos de este texto a las formaciones Salto Chico e Ituzaingó se las considera en conjunto por su semejanza litológica y su posición estratigráfica, sin embargo es importante mencionar que estas unidades aún hoy se encuentran en constante estudio y revisión y es posible que se trate de variaciones faciales o ciclos fluviales del mismo evento sedimentario.

Está conformada por arenas de grano medio a fino, de colores amarillentos, ocráceos y rojizos y a veces blanquecinas. El cuarzo aparece como material predominante, incoloro, de granos redondeados a subredondeados y buena selección, Como minerales secundarios bajo lupa binocular se observan, granos de ópalo y calcedonia (Figura 3.20 a y b). Aparecen además rodados de tamaño guija varicolores. Presenta pequeñas intercalaciones de arcillas castañas y arcillas limosas de igual coloración.



Figura 3.20. a Corte de la formación Salto Chico



Figura 3.20 b Corte de la formación Salto Chico

Hidráulica

Con buenos caudales de extracción que oscilan entre los 60 a 800m³/h y a veces hasta los 1200 m³/h, el carácter de acuífero semiconfinado se debe a que sus características hidroquímicas muchas veces reciben la influencia del aporte vertical de la Formación Hernandarias.

Formación Hernandarias (Reig, 1956)

Esta unidad geológica se encuentra cubriendo gran parte del territorio provincial y en las perforaciones dentro de este ámbito se describieron calcáreos de color castaño claro con niveles de arcillosos interdigitados muy plásticos y de coloración gris clara.

Hidráulica

Esta formación, es considerada como un acuícludo aunque en sus parte cuspidal se puede comportar como una acuitardo de carácter local alcanzando a suministrar entre 1 y 2 m³/hora. (Michelson H 2001)

Grupo Pampa (Auge 2002)

Conformado por:

— **Pospampeano** o también conocido como Formación Querandí. Está integrado por dos secciones:

La superior se trata de una arena muy fina a limosa de tonalidad gris oscura. La inferior una arcilla plástica gris verdosa que se apoya directamente sobre el Pampeano.

Hidráulica

La primera de las nombradas actúa hidráulicamente como un acuífero de baja productividad y contiene a la capa freática.

La sección inferior apunta hacia un comportamiento acuícludo pero con comunicación vertical.

— **Pampeano** está integrado por limo arenoso y arcilloso con intercalaciones calcáreas en forma de tosca, de origen eólico y muy semejante a un loess se encuentra cubriendo la mayor parte de la provincia. (Figura 3.21).



Figura 3.21 Fotografía del cutting de los sedimentos cuspidales de un sondeo correspondientes al Pampeano y Pospampeano

Hidráulica

Acuífero libre que en profundidad pasa a ser semiconfinado. (Auge 2004)
Se comporta hidráulicamente como un acuífero de mediana productividad.

Al igual que los casos anteriores como complemento de la información geológica de campo descripta para la cobertura supbrasáltica se incluye a continuación parte de los estudios realizados en gabinete para el pozo Concordia 3 por Sesé M. (2011) quien cita para este sector lo siguiente:

Descripciones de laboratorio para el intervalo **2,00 / 40,00 m.b.b.p.**

Del techo a la base se describieron:

- Arenisca suelta fina a mediana. Buena a moderada selección, Clastos subredondeados a subangulosos de cuarzo hialino y blanco predominantes. Líticos castaños y naranjas, escasos negros.
- Arenisca suelta media, subordinada fina y gruesa con escasos granos muy gruesos. Moderada Selección Clastos subredondeados a subangulosos de cuarzo hialino predominantes Líticos castaños, amarillentos y naranjas. Presencia de concreciones silíceas teñidas por óxidos negros Escasos rizolitos.
- Arenisca friable a suelta media, escasa gruesa. Moderada a pobre selección. Clastos subredondeados de cuarzo hialino, blancos y teñidos por óxidos predominantes. Líticos naranjas y castaños subordinados. Abundante matriz arcillosa rosa grisácea. Cemento silíceo. Presencia de concreciones silíceas.
- Arenisca consolidada a friable fina a gruesa, pobremente seleccionada abundante matriz arcillosa castaña clara. Clastos subredondeados de líticos verdosos predominantes y sub angulosos de Qz subordinados. Fragmentos de tamaño sábulo de rocas de diferente origen negros, rojizos y violáceos. Cemento silíceo con distribución en parches con finas venillas rellenas de yeso/anhidrita. Muy leve reacción calcárea. Moderada porosidad visual.
- Conglomerado suelto Predominan líticos de tamaño sábulo de rocas de diferente origen Fragmentos de cuarzo tamaño sábulo, amarillentos. Matriz arena fina.
- **Depósitos recientes y actuales.** Comprenden un conjunto de sedimentos limo-arcillosos, limo-arenosos y arenosos finos, de distribución irregular y espesores que, en general, no superan los 4 ó 5 m.

En conjunto estos depósitos son llamados por algunos hidrogeólogos Acuífero Epipelche (Sala, J. M. y M. Auge, 1970) que además de la capa freática o libre presenta otros niveles productivos de carácter semiconfinado a semilibre.

En la tabla 3.13 se resume el comportamiento hidráulico de las formaciones aludidas y en la tabla 3.14 los resultados de las primeras pruebas hidráulicas realizadas en las perforaciones estudiadas.

Tabla 3.13 - Comportamiento hidráulico de la unidades geológicas

| | |
|-------------------------------|----------------------------------------------|
| Basamento cristalino | Conductor hidráulico - Porosidad de fractura |
| Sección Infrabasáltica | Acuitardo - Transmisividad bajas |
| Sección interbasáltica | |
| Basaltos propiamente dicho | Conductor hidráulico - Porosidad de fractura |
| Intercalaciones clásticas | Acuífero de baja transmisividad |
| Sección suprabasáltica | |
| Hernandarias | Acuitardo |
| Salto Chico | Acuífero |
| Paraná | Acuífero |
| Fray Bentos | Acuitardo |
| Puerto Yerúa | Acuífero |

Tabla 3.14 - Parámetros hidráulicos de los ensayos iniciales

| Pozos | Nivel Estático | Nivel Dinámico | Caudal (Q) m³/h | Caudal específico |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Diamante 1 | 135,00 | 185,00 | 17,00 | 0,34m ³ /h/m |
| Victoria 1 | 47,00 | 65,63 | 50,00 | S/D |
| Guauguaychú 1 | Surgente | | 7,00 | 5,3 |
| Guauguaychú 2 | 45,00 | 85,00 | 25,00 | S/D |
| Concepción del Uruguay 1 | 30,00 | 90,00 | 50,00 | 3,69 |
| Concepción del Uruguay 2 | 40,00 | 75,00 | 20,00 | S/D |
| Basavilbaso 1 | 42,00 | 90,00 | 60,00 | S/D |
| Colón 1 | Surgente | | 145,00 | 14,27 |
| San José 1 | Surgente | | 12,00 | S/D |
| Villa Elisa 1 | -12,50 | -5,47 | 75,00 | 7,12 |
| Concordia 1 Proyecto Piloto | -66,11 | 47,72 | 272,00 | 14,79 |
| Concordia 2 | Surgente | | 150,00 | S/D |
| Concordia 3 | Surgente | | 90,00 | S/D |
| La Paz 1 | Surgente | | 50,00 | S/D |
| María Grande 1 | 52,59 | 31,71 | 16,00 | S/D |
| Villaguay 1 | 2,35 | 11,79 | 18,00 | 2,47 |
| Chajarí 1 | Surgente | | 300,00 | S/D |
| Federación 1 | -57,00 | -30,00 | 385,00 | 11,21 |

Correlación estratigráfica

Hasta aquí se han mencionado las características litológicas e hidráulicas de las formaciones que conforman el subsuelo de la provincia.

A partir de esta información y conjugando los trabajos de campo mencionados en la tablas 2.16 a y b se presentan en el anexo geológico (II.a) una serie de perfiles que cubren en su totalidad el territorio provincial. Estos son:

Perfiles longitudinales

Corte 1

- Monte Caseros (Corrientes)
- Chajarí
- Santa Ana
- Federación
- Concordia 3
- Ubajay
- San José
- Colón
- Concepción del Uruguay 2
- Gualeguaychú 2

Corte 2

- San Jaime de la Frontera
- Federal
- Villaguay
- Basavilbaso
- Gualeguay

Corte 3

- La Paz
- María Grande
- Nogoyá
- Victoria

Corte 4

- Villa Urquiza
- Victoria

Corte 5

- Santa Rosa de Calchines (Santa Fe)
- Paraná
- Diamante
- Campo Timbó (Santa Fe)

Perfiles transversales

Corte 1

- Chajarí
- Federal
- La Paz

Corte 2

- Hotel Horacio Quiroga (Salto - ROU)
- Concordia 3
- Santa Rosa de Calchines (S. Fe)

Corte 3

- Ubajay
- Villaguay
- María Grande
- Paraná

Corte 4

- San José
- Villa Elisa
- Diamante

Corte 5

- Paso Uleste (Young -ROU)
- C del Uruguay 2
- C. del Uruguay 1
- Basavilbaso
- Pueblito (Nogoyá)
- Diamante

Corte 6

- Paso Uleste (Young -ROU)
- Gualeguaychú 2
- Gualeguaychú 1
- Gualeguay
- Campo Timbó (S. Fe)

Perfiles Noreste / Suroeste Noroeste / Sureste

NE – SO

- Chajarí
- Villaguay
- Nogoyá
- Victoria

NO – SE

- La Paz
- Villaguay
- Basavilbaso
- Gualeguaychú 1
- Gualeguaychú 2

Es menester aclarar que para su confección solo se han tomado las 4 grandes unidades estratigráficas que se han venido mencionando hasta ahora: el basamento cristalino, los sedimentos subyacentes a las rocas volcánicas extrusivas, las coladas propiamente dichas y por último la cobertura sedimentaria de este sector de la cuenca.

Es preciso puntualizar también que tanto el techo y la base de las unidades aludidas como los fallamientos consignados fueron definidos a partir de los sondeos principales, los de apoyo y los SEVs mencionados en el capítulo anterior con las consecuentes limitaciones o criterios de interpretación que esto implica.

Del mismo modo para facilitar la lectura las sedimentitas infrabasálticas fueron subdivididas en dos secciones: aquellas que por estudios más completos son asignadas al Mesozoico temprano y una sección inferior, constituida por depósitos más antiguos, probablemente del Pérmico superior ya que aún restan por realizar dataciones radimétricas que permitan asignar de manera precisa su edad. (Tablas 3.15 y 3.16)

Tabla 3.15 - Cuadro estratigráfico integrado del techo y la base de las Unidades Geológicas definidas para el subsuelo de la provincia

| Pozo | Profundidad m.b.b.p. | Cota m.s.n.m. | Suprabasáltico | | Basaltos | | Infrabasáltico (Mesozoico temprano) | | Infrabasáltico (Paleozoico tardío) | |
|--------------------|-------------------------|------------------|----------------|--------|----------|---------|----------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|
| | | | de (m) | a (m) | de (m) | a (m) | de (m) | a (m) | de (m) | a (m) |
| Diamante 1 | 1554,00 | 79,00 | 0,00 | 720,00 | 720,00 | 1554,00 | - | - | - | - |
| Victoria 1 | 1050,00 | 55,00 | 0,00 | 727,00 | 727,00 | 1050,00 | - | - | - | - |
| Guauguaychú 1 | 1000,00 | 7,50 | 0,00 | 473,00 | 473,00 | 729,00 | - | - | 729,00 | 988,00 |
| Guauguaychú 2 | 825,00 | 2,50 | 0,00 | 450,00 | 450,00 | 635,00 | - | - | 635,00 | 815,00 |
| Concepción del U 1 | 1220,00 | 20,00 | 0,00 | 282,50 | 282,50 | 460,00 | 460 - 1220 Basamento Cristalino | | | |
| Concepción del U 2 | 511,70 | 34,00 | 0,00 | 250,00 | 250,00 | 460,00 | 460 - 511,70 Basamento Cristalino | | | |
| Basavilbaso 1 | 1257,92 | 60,00 | 0,00 | 523,20 | 523,20 | 1062,00 | - | - | 1062,00 | 1257,00 |
| Colón 1 | 1502,00 | 19,00 | 0,00 | 225,00 | 225,00 | 715,00 | 715,00? | 890,00? | 890/1502 -Basamento | |
| San José 1 | 885,00 | 20,00 | 0,00 | 285,00 | 285,00 | 760,00 | 760,00? | 865,00? | 865/885 - Basamento | |
| Villa Elisa 1 | 1030,00 | 45,00 | 0,00 | 348,00 | 348,00 | 942,00 | - | - | 942,00 | 1030,00 |
| Concordia 1 | 1170,00 | 19,00 | 0,00 | 60,00 | 60,00 | 972,00 | 972,00 | 1121,00 | 1121,00 | 1170,00 |
| Concordia 2 | 1142,00 | 42,00 | 0,00 | 48,00 | 48,00 | 1015,00 | 1015,00 | 1100,00 | 1100,00 | 1142,00 |
| Concordia 3 | 1230,00 | 45,00 | 0,00 | 40,00 | 40,00 | 1008,00 | 1011,00 | 1175,00 | 1175,00 | 1230,00 |
| La Paz 1 | 1001,00 | 47,00 | 0,00 | 478,00 | 478,00 | 820,00 | - | - | 820,00 | 1001,00 |
| María Grande 1 | 1.375,00 | 92,00 | 0,00 | 602,00 | 602,00 | 1375,00 | - | - | - | - |
| Villaguay 1 | 1356,50 | 40,00 | 0,00 | 444,00 | 444 ,00 | 1294,00 | - | - | 1294,00 | 1356,50 |
| Nogoyá 1 | 2088,00 | 79,00 | 0,00 | 650,00 | 650,00 | 1450,00 | - | - | 1450,00 | 2088,00 |
| Chajarí 1 | 811,00 | 65,00 | 0,00 | 112,00 | 112,00 | 666,00 | 666,00 | 811,00 | - | - |
| Federación 1 | 1260,00 | 39,00 | 0,00 | 47,00 | 47,00 | 812,00 | 812,00 | 1140,00 | 1140,00 | 1260,00 |

Tabla 3.16 - Perforaciones de apoyo

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------|------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|-------------|
| Sta. Rosa de Calchines 1 | 1514,00 | 19,00 | 0,00 | 584,00 | 584,00 | 1262,00 | - | - | 1262,00 | 1514,00 |
| Campo Timbó | 785,00 | 21,00 | 0,00 | 750,00 | 750,00 | 785,00 | - | - | - | - |
| Monte Caseros | 1035,00 | 35,00 | 0,00 | 9,00 | 9,00 | 365,00 | 365,00 | 1035,00 | - | - |
| Hotel Horacio Quiroga* | 1295,00 | 63,00 | 0,00 | 21,00 | 21,00 | 968,00 | 968,00 | 1295,00 | - | - |
| Paso Ulleste | 973,00 | 30,00 | 0,00 | 261,00 | 261,00 | 622,00 | - | - | 622,00 | 973,00 **BC |

- Hotel H Quiroga. Montaña (2005) - ** BC = Basamento Cristalino

Cronoestratigrafía del área en estudio

Para cerrar el apartado de geología se presenta la relación crono-estratigráfica (Anexo III. B) existente entre las unidades geológicas perforadas en el territorio provincial, haciendo mención a sus edades y ambientes deposicionales ya que estos estarían jugando un papel preponderante en la mineralización de las aguas que contienen.

En relación a la toponimia utilizada para la designación de estas unidades se hace la salvedad que la misma involucra términos no solo de los utilizados en la Argentina sino también del Brasil y Uruguay como es el caso de las formaciones Botucatú y Buena Vista respectivamente. Tal denominación se empleó por ser la más conocida y utilizada en el contexto provincial. La correlación propuesta se basa además en dividir el territorio provincial en 3 áreas como se planteará más adelante en el apartado 3.23 referido a la hidroquímica.

Precámbrico

– **Basamento cristalino** Padula y Mingramm, 1968).

De edad precámbrica, alumbrado en las perforaciones del sector centro - suroriental de la provincia en los pozos de: Gualeguaychú 1 y 2; Concepción del Uruguay 1 y 2; San José 1 y Colón 1.

El techo del mismo en su punto más cercano a la boca de pozo se encontró a una profundidad de 460,00 m.b.b.p. en los sondeos realizados en la localidad de Concepción del Uruguay seguido por los pozos de San José y Colón evidenciando los movimientos telúricos que provocaron el levantamiento del bloque que daría origen al “Alto de Concepción del Uruguay” (Benítez 2000). En la tabla 3.17 se consigan los espesores perforados.

| Tabla 3.17. Cotas del basamento cristalino | | | |
|--------------------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|
| Perforación | Techo basamento | Profundidad final m.b.b.p. | Espesor perforado en metros |
| Gualeguaychú 1 | 988,00 | 1000,00 | 12,00 |
| Gualeguaychú 2 | 815,00 | 825,00 | 15,00 |
| C del U 1 | 460,00 | 1220,00 | 760,00 |
| C del U 2 | 460,00 | 511,70 | 51,70 |
| San José 1 | 865,00 | 885,00 | 20,00 |
| Colón 1 | 890,00 | 1502,00 | 616,00 |
| Paso Ulleste (ROU) | 973,00 | 973,00 | - |

Sedimentos infrabasálticos

Estas rocas constituyen la secuencia sedimentaria más antigua conocida a la actualidad y su presencia fue determinada por los sondeos que se mencionan en la Tabla 3.18 e inferida previamente de manera indirecta por los estudios geofísicos realizados:

Pérmico

Formación Piramboia (Walther, 1911)

Las sedimentitas de esta formación indican ambientes lacustres, fluviales y eólicos y como se ha mencionado anteriormente se los considera presente en las perforaciones realizadas en las localidades de Federación y Concordia.

Formación Yaguarí/Buena Vista? (Padula y Mingramm, 1968)

De edades pérmica superior / triásica inferior respectivamente su presencia en el ámbito de la provincia aún plantea dudas pues se carece de muestras aptas para su datación. Para la primera de las nombradas es posible interpretar condiciones de sedimentación en ambientes de planicies subacuáticas y subaéreas relacionadas a bahías, en donde existían cuerpos de aguas salobres a dulces. Para la segunda se mencionan condiciones de sedimentación fluviales, de ríos relativamente poco caudalosos y de tipo braided. (Goso 2001).

Triásico superior**Formación Botucatú** (Castellanos 1965)

Ha sido registrada con seguridad en los sondeos realizados en las perforaciones de Chajarí; Federación y Concordia y se han hallado evidencia de litologías asimilables a esta formación en la perforación de San José y Colón. Estas sedimentitas de origen eólico fueron el producto de la consolidación de un gran paleodesierto que ocupó un gran territorio de los países de Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay.

| Tabla 3.18 – Sedimentos infrabasálticos en la provincia de Entre Ríos | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|---------|-----------------------------|
| Perforación | Techo | Base | Espesor perforado en metros |
| Guauguaychú 1 | 729,00 | 988,00 | 259,00 |
| Guauguaychú 2 | 635,00 | 815,00 | 180,00 |
| Basavilbaso 1 | 1062,00 | 1257,92 | 159.92 |
| Colón 1 | 715,00 | 890,00 | 175,00 |
| San José 1 | 760,00 | 865,00 | 105,00 |
| Villa Elisa 1 | 942,00 | 1030,00 | 88,00 |
| Concordia 1 | 972,00 | 1170,00 | 198,00 |
| Concordia 2 | 1015,00 | 1142,00 | 127,00 |
| Concordia 3 | 1011,00 | 1230,00 | 219,00 |
| La Paz 1 | 820,00 | 1001,00 | 181,00 |
| Federación 1 | 812,00 | 1260,00 | 448,00 |
| Villaguay 1 | 1294,00 | 1356,50 | 62,00 |
| Nogoyá 1 | 1450,00 | 2088,00 | 638,00 |
| Chajarí 1 | 666,00 | 811,00 | 145,00 |

Jurásico superior-Cretácico inferior**Basaltos de Serra Geral e intercalaciones arenosas** (Derby, 1879) - (Fourous 1904)

Las descripciones generalizadas de los basaltos muestran que se trata de:

- Basaltos alterados castaños rojizos, con pátinas de óxido de hierro, cuarzo y microcristales de máficos, anfíboles y piroxenos y minerales claros, plagioclasas y algunos feldespatos potásicos, moderada consolidación, aislados minerales verdes, cloritas- zeolitas?
- Basaltos de color gris medio, gris levemente verdoso, equigranular, fractura fresca, máficos y plagioclasas, con presencia de cuarzo translucido.

- Basaltos gris oscuro a negro, fractura fresca, equigranular, microcristalino, escasos minerales claros, predominan los minerales máficos, consolidado. (Figura 3. 22)

Esta disposición estaría indicando una diferenciación magmática en la misma colada, como consecuencia de un lento enfriamiento. (Benítez, J. 2000)



Figura 3.22 Fragmentos de basaltos

Todo el conjunto se interpreta como una sucesión de diferentes eventos volcánicos, genéticamente vinculados, probablemente a la apertura atlántica. La presencia de sedimentos clásticos y/o alteraciones de las coladas indican interrupciones del ciclo magmático, exposición subaérea e instalación de un régimen continental fluvio-eólico, semidesértico. La edad de ambas unidades estratigráficas corresponden al Jurásico - Cretácico de acuerdo a las dataciones realizadas en los basaltos en otros lugares de la cuenca en la República Argentina (153 +/- 5 m. a.). (Herbst y Santa Cruz, 1985). En la tabla 3.19 se consigna el techo y la base de los basaltos considerando conjuntamente las intercalaciones arenosas.

| Tabla 3.19 – Basaltos de Serra Geral | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------------|---------|-----------------------------|
| Perforación | Intervalo de las coladas Base - Techo | | Espesor perforado en metros |
| Diamante 1 | 720,00 | 1554,00 | 834,00 |
| Victoria 1 | 727,00 | 1050,00 | 323,00 |
| Gualeduaychú 1 | 473,00 | 729,00 | 256,00 |
| Gualeduaychú 2 | 450,00 | 635,00 | 185,00 |
| Concepción del U 1 | 282,50 | 460,00 | 177,50 |
| Concepción del U 2 | 250,00 | 460,00 | 210,00 |
| Basavilbaso 1 | 523,20 | 1062,00 | 538,80 |
| Colón 1 | 225,00 | 715,00 | 490,00 |
| San José 1 | 285,00 | 760,00 | 475,00 |
| Villa Elisa 1 | 348,00 | 942,00 | 594,00 |
| Concordia 1 | 60,00 | 972,00 | 912,00 |
| Concordia 2 | 48,00 | 1015,00 | 967,00 |
| Concordia 3 | 40,00 | 1008,00 | 968,00 |
| La Paz 1 | 478,00 | 820,00 | 342,00 |
| María Grande 1 | 602,00 | 1375,00 | 773,00 |
| Villaguay 1 | 444 ,00 | 1294,00 | 850,00 |
| Nogoyá 1 | 650,00 | 1450,00 | 800,00 |
| Federación 1 | 47,00 | 812,00 | 765,00 |
| Chajarí 1 | 112,00 | 666,00 | 554,00 |

Mapa del techo de los basaltos

Como las rocas efusivas básicas resultan ser una de las unidades guía más importante a nivel provincial y sin duda las más conocidas se ha tomado como base el modelo propuesto por Garracino en el año 2000 (Figura 3.23) para presentar un nuevo mapa del techo de estas coladas aplicando los nuevos puntos de control disponibles. Tabla 3. 20 y figura 3.24

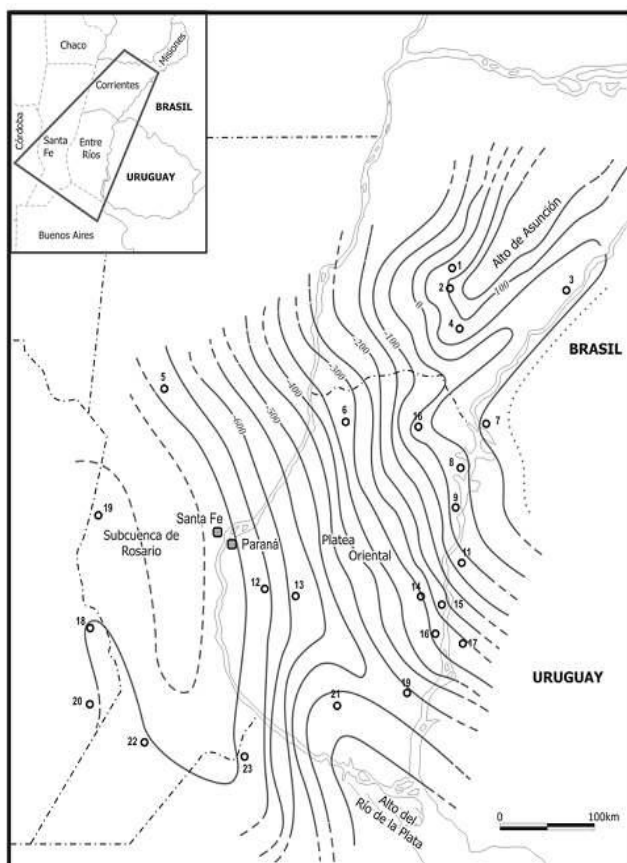


Figura 3.23. Techo de la Formación Serra Geral

* Las cotas consignadas para el techo de los basaltos provenientes de los SEV fueron tomadas de los informes originales y que fueran mencionados en la tabla 2.16 b del capítulo anterior.

| Tabla 3.20 - Puntos de control | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Pozo y SEVs | Identificación del punto de control | Basaltos |
| | | Techo de la Formación |
| 1 | Diamante 1 | 720,00 |
| 2 | Victoria 1 | 727,00 |
| 3 | Guauguaychú 1 | 473,00 |
| 4 | Guauguaychú 2 | 450,00 |
| 5 | Concepción del U 1 | 282,50 |
| 6 | Concepción del U 2 | 250,00 |
| 7 | Basavilbaso 1 | 523,20 |
| 8 | Colón 1 | 228,00 |
| 9 | San José 1 | 285,00 |
| 10 | Villa Elisa 1 | 348,00 |
| 11 | Concordia 1 | 60,00 |
| 12 | Concordia 2 | 48,00 |
| 13 | Concordia 3 | 40,00 |
| 14 | La Paz 1 | 478,00 |
| 15 | María Grande 1 | 602,00 |
| 16 | Villaguay 1 | 444 ,00 |
| 17 | Nogoyá 1 | 650,00 |
| 18 | Chajarí 1 | 112,00 |
| 19 | Federación 1 | 47,00 |
| 20 | Villa Ramírez | 771,00 |
| 21 | Estacas | 386,00 |
| 22 | Sta. Rosa Calchines | 584,00 |
| 23 | Campo Timbó | 750,00 |
| 24 | Monte Caseros | 9,00 |
| 25 | Hotel H. Quiroga | 21,00 |
| 26 | Paso Ulleste | 261,00 |
| 27 SEV* | Santa Ana | 27,00 ? |
| 28 SEV* | Federal | 215,00? |
| 29 SEV* | Villa Urquiza | 600,00 ? |
| 30 SEV* | Paraná | 600,00 ? |
| 31 SEV* | Guauguay | 453,00 ? |
| 32 SEV* | Ubajay | 194,00 ? |

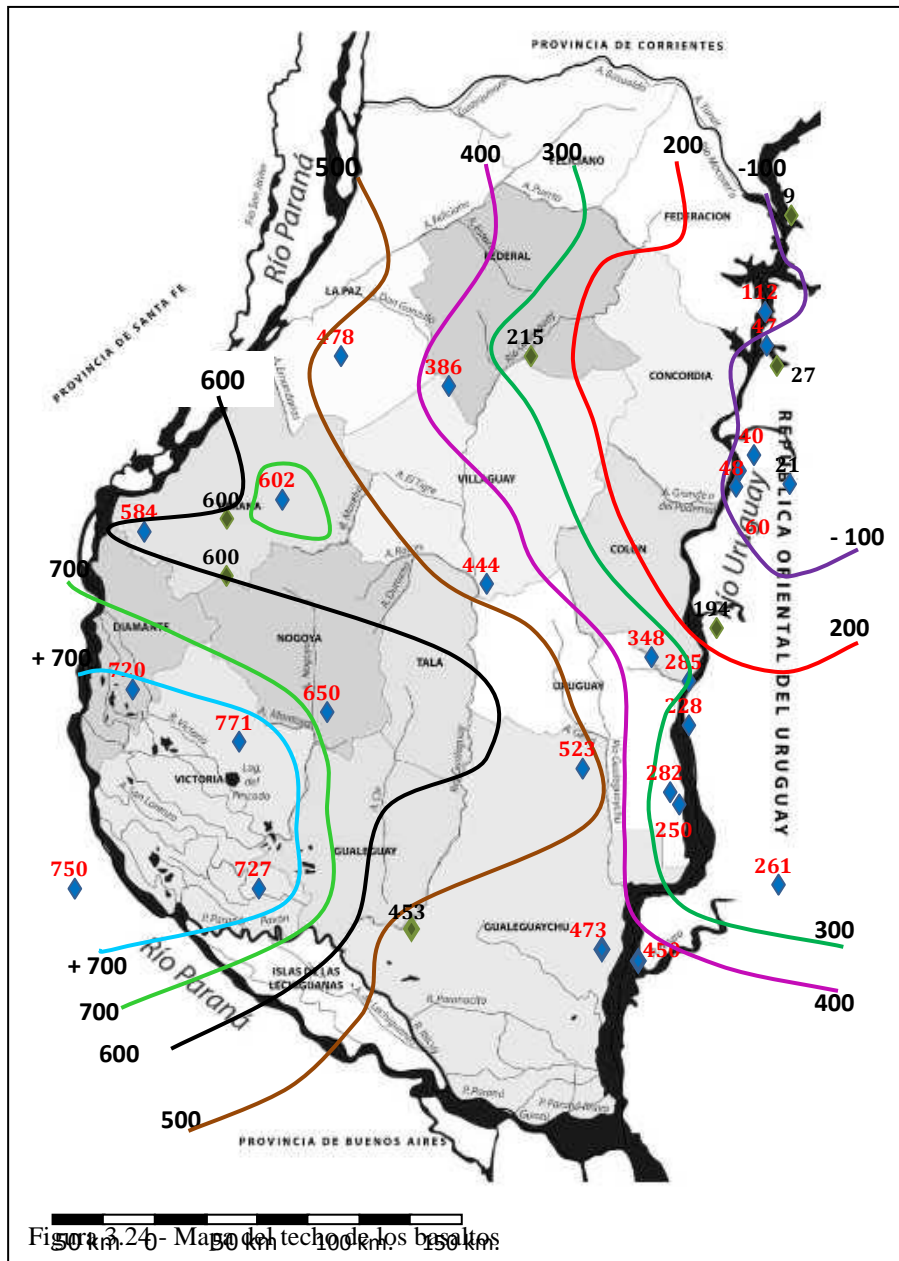












Figura 3.24- Mapa del techo de los basaltos.

Referencias

-  Techo del basalto menor a los 100,00 m.b.b.p.
-  Techo del basalto menor a 200,00 m.b.b.p.
-  Techo del basalto menor a 300,00 m.b.b.p.
-  Techo del basalto menor a 400,00 m.b.b.p.
-  Techo del basalto menor a 500,00 m.b.b.p.
-  Techo del basalto menor a 600,00 m.b.b.p.
-  Techo del basalto menor a 700,00 m.b.b.p.
-  Techo del basalto mayor a 700,00 m.b.b.p.
-  **720** Punto de control conocido
-  **194** Punto de control estimado

Cobertura sedimentaria

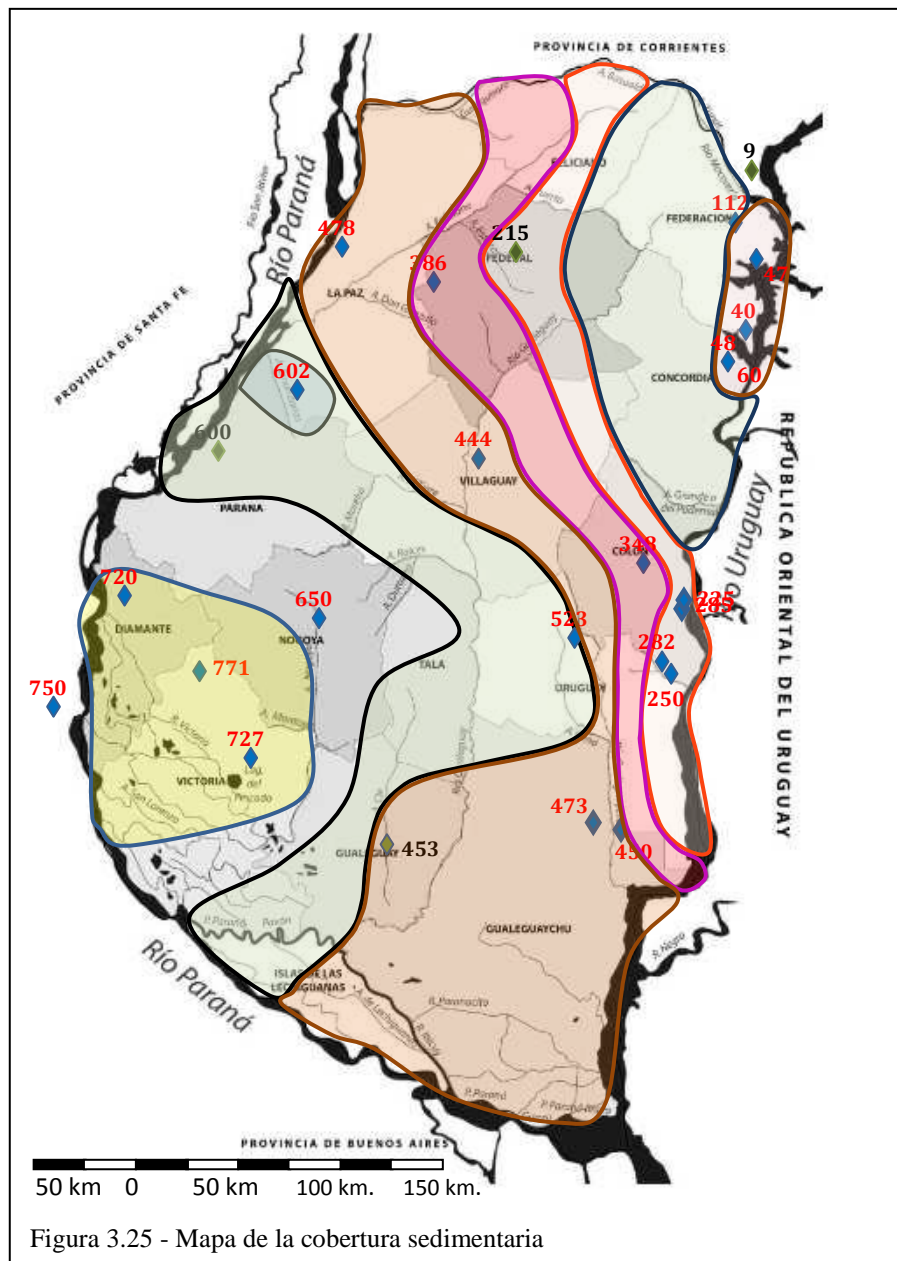
Las rocas que la conforman constituyen el resultado final del relleno sedimentario del sector en estudio que se han ido depositando sobre las rocas efusivas ocultando gran parte de la actividad tectónica que tuvo la provincia

Con espesores que van desde los 40 metros, perforación A.ER.Xp. Cdia 3, hasta alcanzar los 727,00 m.b.b.p. en el sondeo de Victoria cubren todo el territorio provincial presentando, como ya se ha hecho referencia, litologías muy variadas.











En la tabla 3.21 se detallan los espesores perforados.

| Tabla 3.21 – Cobertura sedimentaria de la provincia de Entre Ríos | | | |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------|---------|
| Perforación | Intervalo de la cobertura | | Espesor |
| Diamante 1 | 0,00 | 720,00 | 720,00 |
| Victoria 1 | 0,00 | 727,00 | 727,00 |
| Gualeguaychú 1 | 0,00 | 473,00 | 473,00 |
| Gualeguaychú 2 | 0,00 | 450,00 | 450,00 |
| Concepción del U 1 | 0,00 | 282,50 | 282,50 |
| Concepción del U 2 | 0,00 | 250,00 | 250,00 |
| Basavilbaso 1 | 0,00 | 523,20 | 523,20 |
| Colón 1 | 0,00 | 225,00 | 225,00 |
| San José 1 | 0,00 | 285,00 | 285,00 |
| Villa Elisa 1 | 0,00 | 348,00 | 348,00 |
| Concordia 1 | 0,00 | 60,00 | 60,00 |
| Concordia 2 | 0,00 | 48,00 | 48,00 |
| Concordia 3 | 0,00 | 40,00 | 40,00 |
| La Paz 1 | 0,00 | 478,00 | 478,00 |
| María Grande 1 | 0,00 | 602,00 | 602,00 |
| Villaguay 1 | 0,00 | 444,00 | 444,00 |
| Nogoyá 1 | 0,00 | 650,00 | 650,00 |
| Federación 1 | 0,00 | 47,00 | 47,00 |
| Chajarí 1 | 0,00 | 112,00 | 112,00 |

Como complemento al mapa del techo de la Formación Serra Geral (ver Figura 3.24) se representan (Figura 3.25) los espesores de la cobertura sedimentaria detallada en la tabla 3.21.



Referencias

-  Zona con cobertura sedimentaria entre 0.00 y 100.00 metros.
-  Zona con cobertura sedimentaria entre 100.00 y 200.00 metros.
-  Zona con cobertura sedimentaria entre 200.00 y 300.00 metros.
-  Zona con cobertura sedimentaria entre 300.00 y 400.00 metros.
-  Zona con cobertura sedimentaria entre 400.00 y 500.00 metros.
-  Zona con cobertura sedimentaria entre 500.00 y 600.00 metros.
-  Zona con cobertura sedimentaria entre 600.00 y 700.00 metros.
-  Zona con cobertura sedimentaria > 700.00.
-  **602** Base de la cobertura con puntos de control comprobados y  prospectados

Continuando con la descripción de la cronoestratigrafía de la provincia se hace referencia de las formaciones geológicas que abarcan desde el periodo Cretácico a la actualidad.

Cretácico

Formación Mariano Boedo (Mingramm, 1965)

En el subsuelo del área de estudio y dadas sus características se la ha correlacionado con lo que Stappembeck denomina "Capas de Paiva" y hacia el este del río Paraná con las sedimentitas de las Formaciones Yerúa (Cretácico Inferior) y Pay Ubre (Cretácico Superior). El conjunto representa sedimentación ocurrida en ambientes marinos someros, litorales a lacustres marginales, palustres con sectores donde también es posible identificar sedimentos representativos de planicies aluviales. Ello incluiría una sedimentación continua que va desde el Cretácico superior hasta, por lo menos, el Eoceno. (Yrigoyen, 1975).

Formación Puerto Yerúa (De Alba y Serra, 1959)

De edad Cretácica superior y de naturaleza subdesértica estacional aflora en la margen occidental del río Uruguay en la localidad homónima.

Terciario

Formación Fray Bentos (Lambert, 1940)

Estos sedimentos fueron atribuidos al Mioceno (Herbt) y al Oligoceno (Bertolini J. C.) aunque ambos autores coinciden en que se trata de una formación de tipo continental de clima semiárido estacional. Dicha formación se encuentra presente en todos los sondeos del sector oriental de la provincia.

Formación Olivos (Groeber, 1961)

Solo fue descrita en la perforación realizada en la localidad de Santa Rosa de Calchines y si bien no se han identificado fósiles provenientes de perforaciones, en general se la asigna edad del Mioceno inferior hasta el Oligoceno; estos sedimentos son interpretadas como pertenecientes a un ciclo continental dominado por sedimentación fluvial que en conjunto habría ocurrido en el lapso Eoceno superior- Mioceno inferior a medio. (Yrigoyen, 1975).

Formación Paraná. Bravard, 1858)

La Formación Paraná alumbrada en las perforaciones del centro oeste de la provincia como Villa Elisa, Basavilbaso, Villaguay, María Grande La Paz y Victoria representa una importante trasgresión del mar sobre el territorio continental. Aceñolaza (1976) (Figura 3.26)

Formación Ituzaingó / Salto Chico. Rimoldi, (1963) - De Alba, (1953)

De origen continental fluvial a las formaciones mencionadas se le asigna edad pliocénica – pleistocénica. Algunos autores las correlacionan con las arenas Puelches de la provincia de Buenos Aires y Santa Fe.

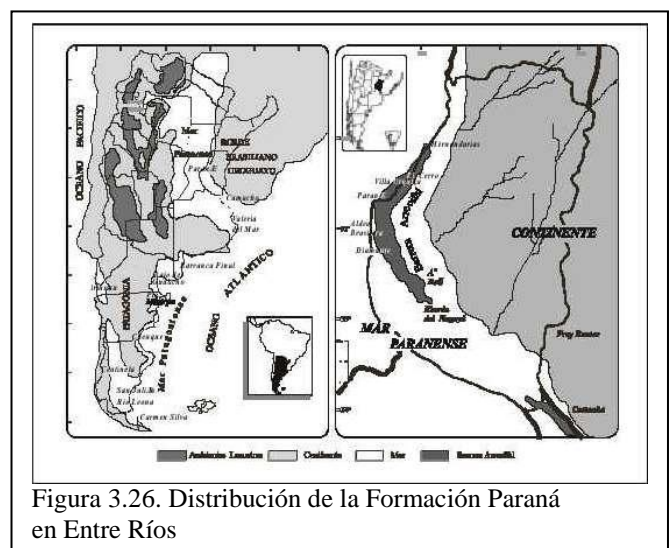


Figura 3.26. Distribución de la Formación Paraná en Entre Ríos

Cuaternario

Formación Hernandarias

De edad Pleistocénica y descrita por Iriondo (1987) como sedimentitas lacustres-palustres depositadas en clima semiárido estacional seco

Grupo Pampa. (Auge 2002)

Conformado por:

- **Pospampeano** o también conocido como Formación Querandí. Pertenece al holoceno, es de origen marino y su edad se estima entre 10.000 y 3.500 años. Su depositación responde al ascenso del nivel del mar producido durante el último período glaciario y que alcanzó a cubrir gran parte del sur de la provincia.
- **Pampeano** estos sedimentos de origen eólico se encuentran cubriendo la mayor parte del territorio provincial.

ANEXO GEOLOGÍA

3.2.3 Hidroquímicos

El conocimiento de las aguas que subyacen en el interior de la corteza va mucho más allá del simple análisis de ese líquido al que a temperatura ambiente denominamos agua

Está de más decir que las características fisicoquímicas de este recurso es la base para la existencia de la vida y aunque parezca inverosímil la característica más importante de un agua subterránea sea precisamente lo que no es agua; es decir, los demás compuestos químicos que contiene disueltos o en cualquier otra forma. Estos no solo determinan en muchos casos los posibles usos del recurso sino que además son la mayor expresión de su historia.

Al igual que en un libro lo menos importante es el papel, la fisicoquímica del agua subterránea es el texto que permite leer los procesos que ha sufrido el agua desde que se infiltró hasta su muestreo, el tipo de terreno que ha atravesado y los procesos de mezcla y contaminación. (Enric Vázquez-Suñé 2009 modificado)

Esta composición físico - química de las aguas termominerales del subsuelo profundo de la provincia conllevan una serie de variaciones y modificaciones en función de las características hidrogeológicas de las formaciones que las contienen y los factores climáticos a los que estas unidades han estado expuestas en el área de recarga.

A lo largo de su trayectoria el flujo el agua subterránea modifica su composición debido a las condiciones físicas y químicas del medio por el que circula, que obligan a mantener el equilibrio termodinámico entre la composición del agua y los minerales constitutivos de las rocas que contienen el acuífero. Por lo tanto, se considera que la hidroquímica de las aguas contenidas en los reservorios es consecuencia de las características y magnitud de las variables citadas.

Entonces asumiendo lo enunciado y siguiendo la división realizada por el VATER (Vademécum de las Aguas Termales de Entre Ríos - 2008) la provincia ha sido dividida, de acuerdo a las perforaciones realizadas y a los componentes de las aguas termominerales en tres grandes áreas ó zonas hidroquímicas de acuerdo al grado de mineralización. (Figura 3.27)

La primera de ellas ocupa el sector nor-oriental de la provincia y se caracteriza por poseer aguas dulces e hipertermales.

La segunda abarca el sector sur-este y sus aguas son de mineralización débil e hipotermas; por último los demás sondeos se distribuyen en el sector occidental y por su temperatura y mineralización son clasificadas como aguas hipertermales, altamente mineralizadas.

En las tablas 3.22 a, b y c se detallan los componentes físicos y químicos de cada centro termal, los datos que en estas son declarados fueron tomados de aquellos informes más representativos a nivel provincial y que fuesen realizados en los inicios de la explotación. Estos resultados provienen tanto de la labor de laboratorios privados como de organismos oficiales. VATER (2008).

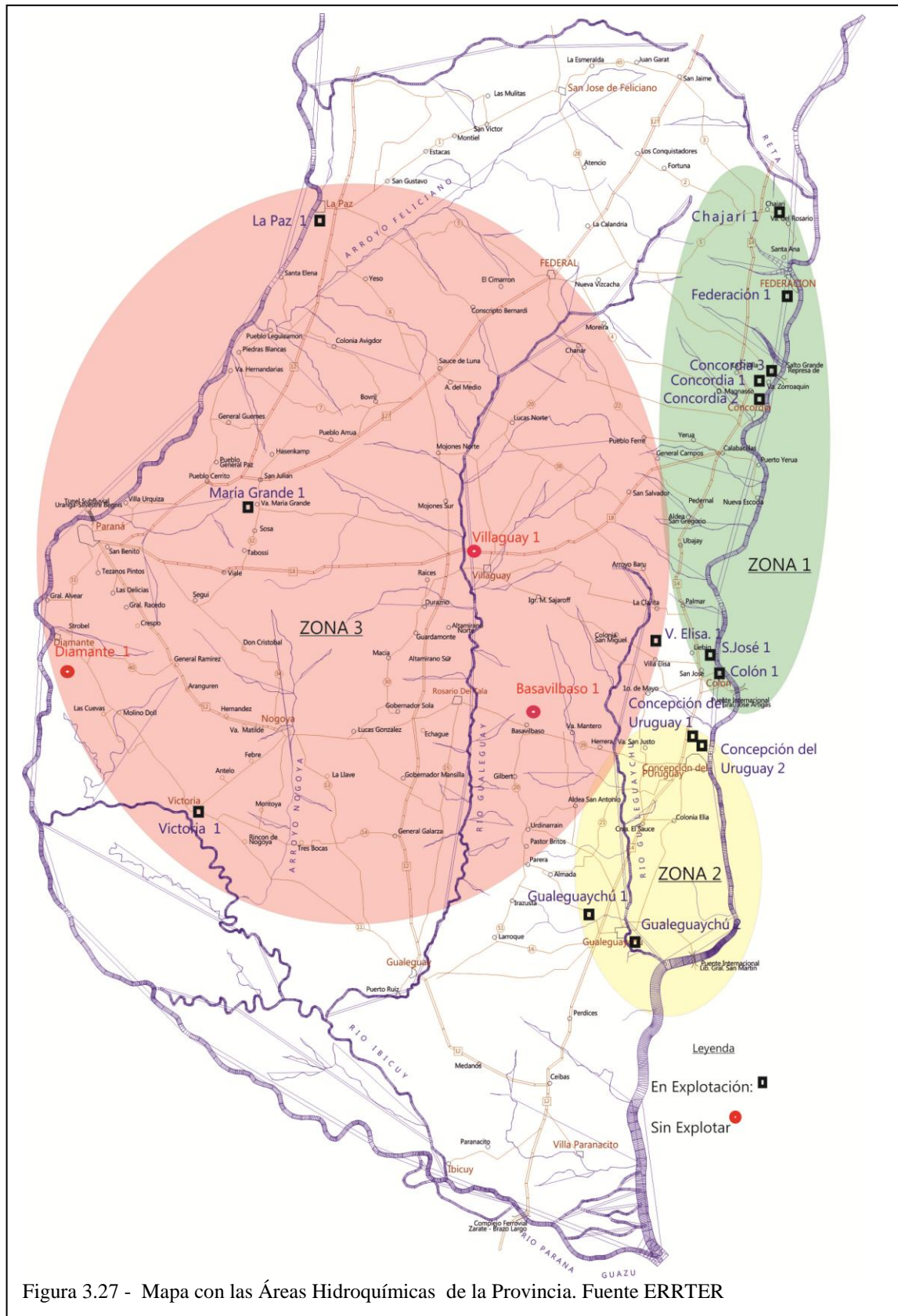


Tabla 3.22 a – Componentes catiónicos y aniónicos para el Área 1

| Propiedades físicas - químicas - Elementos | Sondeos | Chajarí 1 | Federación 1 | Concordia 1 | Concordia 2 | Concordia 3 | San José 1 | Colón 1 |
|---------------------------------------------------------------|----------------|------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------|
| pH | | 8,13 | 8,01 | 8,3 | 8,4 | 8,34 | 8,23 | 8,85 |
| Conductividad mS/ cm a 25° | | 773,00 | 1051,00 | 655 | 600 | 592,69 | 1338 | 1487,00 |
| Sólidos totales secados a 103-105°C - mg/l | | 584,00 | 6836,30 | 466 | 580 | 296,26 | 1169,5 | 1331,40 |
| Alcalinidad total expresada como CaCO ₃ mg/l | | 235 | 221,70 | 243,2 | 226,2 | 249,34 | 375,3 | 255,20 |
| Cloruros (expresado como Cl), mg/l | | 163,60 | 206,80 | 1412 | 878 | 222 | 369,50 | 325,50 |
| Dureza Total (expresado como CaCO ₃), mg/l | | 64,10 | 81,00 | 16 | 240 | s/d | 7,00 | 90,20 |
| Aluminio (expresado como Al ³⁺), mg/l | | < 0,006 | < 0,006 | 0,033 | < 0,006 | 15 (PPB) | 0,2 | 0,2 |
| Nitratos (expresado como NO ₃ ⁻), mg/l | | 0,61 | 2,20 | s/d | s/d | s/d | 1,30 | 1,70 |
| Sulfatos (expresado como SO ₄ ⁼), mg/l | | 27,40 | 67,90 | 8,3 | 63,4 | s/d | 181,10 | 328,50 |
| Sílice (expresado como SiO ₂ ⁼), µ/l | | 25,60 | 27,10 | 1,9 | 5,85 | 10574 | 32 | 66 |
| Arsénico (expresado como As), µg/l | | 25,00 | 28,00 | 40 | 40 | 55,6 | 94 | 71 |
| Calcio (expresado como Ca), mg/l | | 6,90 | 11,80 | 2 | 2,7 | 9.93 | 1,34 | 0,5 |
| Cobre (expresado como Cu ⁺⁺), mg/l | | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | 0.5 (PPB) | < 0,02 | < 0,2 |
| Hierro (expresado como Fe), mg/l | | < 0,01 | 5,40 | 0,49 | 0,6 | < 10 (PPB) | 2 | 3,602 |
| Magnesio (expresado como Mg), mg/l | | 18,70 | 20,70 | 44 | 6,9 | 3.89 | 2,80 | 3,10 |
| Manganeso (expresado como Mn), mg/l | | 0,67 | 1,89 | < 0,04 | < 0,04 | 0.89 (PPB) | 0,6 | 0,89 |
| Níquel (expresado como Ni), mg/l | | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,2 (PPB) | < 0,05 | < 0,05 |
| Potasio (expresado como K ⁺), mg/l | | 4,70 | 5,00 | 2,8 | 2,7 | 3.3 | 0,83 | 1,3 |
| Sodio (expresado como Na), mg/l | | 153 | 194 | 136 | 136 | 135 | 2,83 | 297 |
| Zinc (expresado como Zn ⁺⁺), mg/l | | 0,15 | 0,33 | 0,02 | 0,02 | 10,2 (PPB) | 0,92 | 1,88 |
| Boro (expresado como B), mg/l | | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 | 208 (PPB) | < 0,2 | < 0,2 |
| Fósforo (expresado como P), mg/l | | 1,04 | 0,62 | < 0,2 | < 0,2 | s/d | 1 | 1,90 |
| Flúor (expresado como F ⁻), mg/l | | 8,28 | 7,59 | 1,01 | 1,43 | s/d | 8,9 | 10,52 |
| Mercurio (expresado como Hg), µg/l | | < 1,00 | < 1,00 | < 1 | < 1 | < 0,1 (PPB) | < 0,1 | < 1 |

Fuente: PROINSA 2006 - ERRTER 2009 – ACME LAB 2010 s/d = sin datos En rojo = únicos datos disponibles

| Tabla 3.22 b – Componentes catiónicos y aniónicos para el Área 2 | | | | | |
|------------------------------------------------------------------|---------|-------------|-------------|----------|----------|
| Propiedades físicas - químicas - Elementos | Sondeos | C. del U. 1 | C. del U. 2 | Gychu 1 | Gychu 2 |
| pH | | 8.02 | 8.07 | 7,20 | 8,40 |
| Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° | | 12528,00 | 12432,00 | 13360,00 | 14900,00 |
| Sólidos totales secados a 103-105°C - mg/l | | 7150,00 | 8836,00 | 10730,00 | 12300,00 |
| Alcalinidad total expresada como CaCO_3 mg/l | | 51,00 | 44,90 | 55,00 | 45,00 |
| Cloruros (expresado como Cl), mg/l | | 3060,00 | 3890,00 | 6500,00 | 8263,00 |
| Dureza Total (expresado como CaCO_3), mg/l | | 405,00 | 577,50 | 660,00 | 640,00 |
| Aluminio (expresado como Al^{+3}), mg/l | | s/d | < 0,006 | s/d | 0,02 |
| Amoniaco (expresado como NH_3), mg/l | | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 |
| Nitritos (expresado como NO_2^-), mg/l | | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 |
| Nitratos (expresado como NO_3^-), mg/l | | 1,20 | < 1,00 | 2,00 | 4,00 |
| Sulfatos (expresado como $\text{SO}_4^{=}$), mg/l | | s/d | 62,90 | 18,50 | 35,22 |
| Arsénico (expresado como As), $\mu\text{g}/\text{l}$ | | 0,172 | 0.148 | < 0,1 | < 1,0 |
| Calcio (expresado como Ca), mg/l | | 136 | 211 | 192,00 | 157,00 |
| Cobre (expresado como Cu^{++}), mg/l | | < 0,1 | < 0.1 | s/d | < 0,02 |
| Hierro (expresado como Fe), mg/l | | s/d | 0,46 | < 0,1 | 0,19 |
| Magnesio (expresado como Mg), mg/l | | 18,00 | 49,50 | 43,00 | 99,00 |
| Manganeso (expresado como Mn), mg/l | | s/d | s/d | s/d | < 0,04 |
| Potasio (expresado como K^+), mg/l | | s/d | 15,00 | 39,00 | 13,00 |
| Sodio (expresado como Na), mg/l | | s/d | s/d | 6280,00 | 3898,00 |
| Boro (expresado como B), mg/l | | < 0,2 | < 0,2 | s/d | < 0,2 |
| Flúor (expresado como F^-), mg/l | | 3,49 | 3.123 | s/d | 2,37 |
| Mercurio (expresado como Hg), $\mu\text{g}/\text{l}$ | | < 0,.001 | < 0.001 | < 0,.001 | < 0.001 |

Fuente: IBRO 2007 y PROINSA 2006

s/d = sin datos

n/c = no contiene

Tabla 3.22 c – Componentes catiónicos y aniónicos para el Área 3

| Propiedades físicas-químicas - Elementos | Sondeos | Villa Elisa 1 | Basavilbaso 1 | La Paz 1 | María Grande 1 | Diamante 1 | Villaguay 1 | Victoria 1 |
|------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Ph | | 7,80 | 7,4 | 7,18 | 7,85 | 5,70 | 7.20 | 7,15 |
| Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25° | | 27100,00 | 24900 | 107700 | 155105 | 223200,00 | 78.500 | 91000 |
| Sólidos totales secados a 103-105°C - mg/l | | 13779,21 | 71400 | 85815,9 | 104380 | 149400,00 | 62.940 | 55000 |
| Alcalinidad total expresada como CaCO_3 mg/l | | 70 | 52,4 | 127,1 | 24,5 | 11,00 | 102 | 700 |
| Cloruros (expresado como Cl), mg/l | | 10042,50 | 37000 | 52676,1 | 66710 | 91800,00 | 28500 | 28030 |
| Dureza Total (expresado como CaCO_3), mg/l | | 1955,50 | 5,66 | 4068,1 | 3897 | 30200,00 | 1400 | 14260 |
| Aluminio (expresado como Al^{+3}), mg/l | | < 0,006 | s/d | < 0,006 | < 0,006 | 1,23 | s/d | 0,01 |
| Sulfatos (expresado como $\text{SO}_4^{=}$), mg/l | | 50,70 | 4 | 49094,2 | 327536 | 329,00 | 10600 | 4490 |
| Sílice (expresado como $\text{SiO}_2^{=}$), μl | | 3,80 | s/d | < 1 | 1,71 | s/d | s/d | 80 mg/l |
| Arsénico (expresado como As), mg/l | | < 10 | 0,392 | < 10 | < 10 | 0,36 | $\mu\text{g/l}$ 15 | s/d |
| Calcio (expresado como Ca), mg/l | | 696,00 | 2,25 | 990 | 1396 | 11460 | s/d | 3143 |
| Cobre (expresado como Cu^{++}), mg/l | | 0,10 | < 0,1 | 0,4 | < 0,02 | 0,192 | 2,1 | 0,098 |
| Hierro (expresado como Fe), mg/l | | 0,16 | 0,464 | 1,17 | 2,88 | 3,73 | s/d | 6 |
| Magnesio (expresado como Mg), mg/l | | 95,00 | 60,4 | 637,3 | 163,12 | 380 | s/d | 1536 |
| Manganeso (expresado como Mn), mg/l | | < 0,4 | s/d | 1,96 | 2 | 2,69 | s/d | 0,217 |
| Níquel (expresado como Ni), mg/l | | < 0,05 | 0.048 | < 0,05 | 0,06 | s/d | s/d | n/c |
| Potasio (expresado como K^{+}), mg/l | | 15,00 | s/d | 133 | 130 | 350 | 230 | 80 |
| Sodio (expresado como Na), mg/l | | 6090,00 | s/d | 29600 | 36534 | 45000 | 25000 | 15077 |
| Zinc (expresado como Zn^{++}), mg/l | | < 0,02 | < 1 | 1,95 | 0,17 | 0,604 | 0,18 | 0,315 |
| Boro (expresado como B), mg/l | | 0,76 | 8,739 | < 0,2 | 0,3 | 23 | 11.9 | 7,5 |
| Fósforo (expresado como P), mg/l | | < 0,2 | s/d | 1,27 | 1,28 | 0 | s/d | ausente |
| Flúor (expresado como F^{-}), mg/l | | 1,80 | 3,28 | 2,76 | 3,18 | 0,5 | 8,5 | 0,42 |
| Mercurio (expresado como Hg), $\mu\text{g/l}$ | | < 1 | s/d | < 1 | < 1 | s/d | s/d | s/d |

Fuente ERRTER 2011 – s/d = sin datos – En rojo = Único dato disponible

Una vez indicado los parámetros físico/químicos se detalla la relación existente entre los centros termales, el área hidroquímica en la que se encuentran y la calidad del agua que explotan incluyendo una caracterización primaria como resultado de la simple evaluación de los análisis consignados más arriba. (Tabla 3.23)

| Tabla 3.23 - Sondeos clasificados según la mineralización del recurso | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Pozos perforados | Elementos predominantes | Mineralización | Área |
| Diamante 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=}$ | Fuerte | Área Hidroquímica 3 |
| Victoria 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Ca}^{++}$ | Fuerte | |
| La Paz 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+$ | Fuerte | |
| Villa Elisa 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=}$ | Fuerte | |
| María Grande 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Carbonatada}$ | Fuerte | |
| Villaguay 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Ca}^{++}$ | Fuerte | |
| Basavilbaso 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Ca}^{++}$ | Fuerte | |
| Guauguaychú 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Ca}^{++}$ | Levemente Cloruradas-Sódicas | Área Hidroquímica 2 |
| Guauguaychú 2 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=}$ | Levemente Cloruradas-Sódicas | |
| Concepción del Uruguay 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Ca}^{++}$ | Levemente Cloruradas-Sódicas | |
| Concepción del Uruguay 2 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Ca}^{++}$ | Levemente Cloruradas-Sódicas | |
| Colón 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Bicarbonatada}$ | Dulce | Área Hidroquímica 1 |
| San José 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Bicarbonatada}$ | Dulce | |
| Concordia 1 Proyecto Piloto VERTER | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{=} - \text{Ca}^{++}$ | Dulce | |
| Concordia 2 - Villa Zorraquin | $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- \text{Bicarbonatada}$ | Dulce | |
| Concordia 3 – Hotel Ayuí | $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- \text{Bicarbonatada}$ | Dulce | |
| Chajarí 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Bicarbonatada}$ | Dulce | |
| Federación 1 | $\text{Cl}^- - \text{Na}^+ - \text{Bicarbonatada}$ | Dulce | |

Como la división antes mencionada resulta muy abarcativa y debido a que son muy pocos los pozos que guardan similitud entre sí, se cree conveniente redefinir las áreas representadas en la figura 3.27 diferenciando los 18 sondeos, no solo por su mineralización sino también por la sección de la columna estratigráfica de la que es extraído el recurso, por los resultados derivados de los últimos análisis realizados (ACME LAB, 2011 – Ver anexo) y el estudio estadístico de los mismos. (Díaz, E. 2012)

Es conveniente aclarar que la recolección de muestras se realizó en 9 de estas 18 perforaciones por ser las más representativas de cada área y al encontrarse en perfectas condiciones de operatividad los pozos.

En los párrafos siguientes se describirán las características hidrogeológicas e hidroquímicas para cada una de las áreas señaladas en el mapa de la Figura 3.27 donde se señalan las Áreas Hidroquímicas de la Provincia.

Área hidroquímica 1

En este sector se encuentran los centros termales de Chajarí, Federación y Concordia, donde los sondeos extraen el recurso del área que abarca el Sistema Acuífero Guaraní en el territorio provincial. (Figura 3.28 y tabla 3.24)

Tabla 3.24. Caracterización Área Hidroquímica 1.

| Perforación | Área de aporte | SAG |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Chajarí 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | Si |
| Federación 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | Si |
| Concordia 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | Si |
| Concordia 2 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | Si |
| Concordia 3 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | Si |
| San José 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | Si? |
| Colón 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | Si? |

Mapa de zonificación hidroquímica - Área1



Figura 3.28 – Área 1, borde oriental

Presentación de los resultados

En la Tabla 3.25 se consignan las determinaciones de los elementos mayoritarios, para cada una de las perforaciones y en la tabla 3.26 las determinaciones de laboratorio y de campo que se representan en las (Figuras 3.29 a b c y d las que caracterizan a las aguas como cloruradas, bicarbonatadas sódicas.

Tabla 3.25 - Elementos Mayoritarios Área 1

| Punto | Analitos | Ca | Cl | K | Mg | Na | S |
|--------------|----------|-------|-----|------|------|--------|-----|
| | | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| Federación 1 | Valor | 19,11 | 75 | 4,64 | 7,45 | 186,93 | 25 |
| Concordia 3 | | 9,93 | 22 | 3,28 | 3,89 | 135,35 | 10 |
| San José 1 | | 2,01 | 88 | 0,98 | 0,27 | 291,48 | 43 |
| Colón 1 | | 2,25 | 104 | 1,07 | 0,21 | 300,33 | 69 |

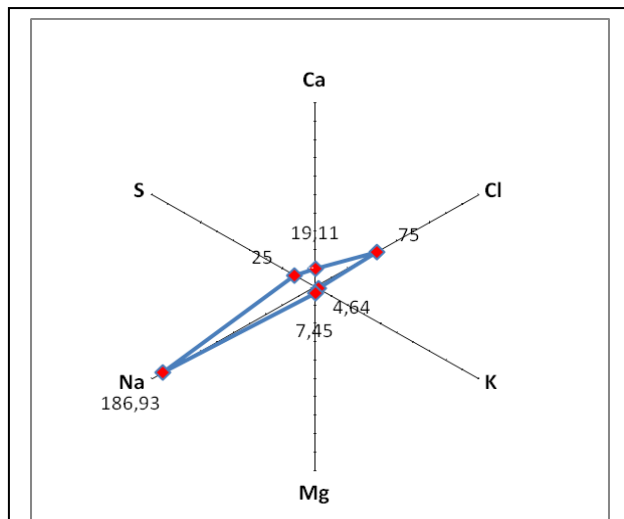


Figura 3.29 a - Caracterización del recurso en Federación

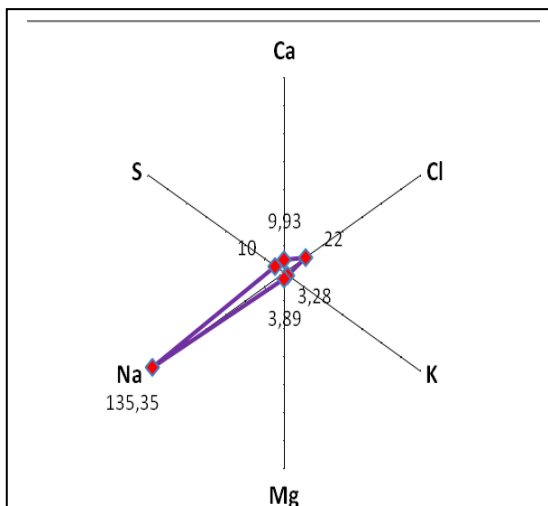


Figura 3.29 b - Caracterización del recurso en Concordia 3

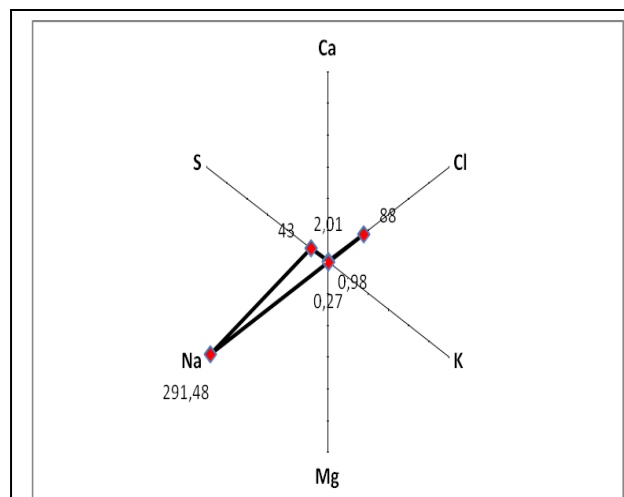


Figura 3.29 c - Caracterización del recurso en San José

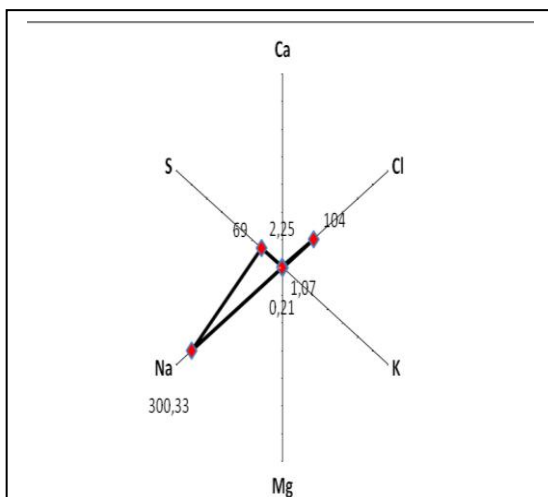


Figura 3.29 d - Caracterización del recurso en Colón

| Centro Termal | Tabla 3.26 Parámetros área 1 | | | | | |
|---------------|------------------------------|------|----------|-----------|--------------------------------|-------------------|
| | T° C | pH | TDS mg/l | Salinidad | Conductividad $\mu\text{S/cm}$ | Alcalinidad* Mg/l |
| Federación | 40,03 | 8,08 | 468,96 | 0,48 | 937,85 | 219,15 mg/l |
| Concordia 3 | 41,4 | 8,34 | 296,26 | 0,30 | 592,69 | 249,34 mg/l |
| San José | 36,99 | 9,05 | 616,77 | 0,65 | 1233,40 | 306,81 mg/l |
| Colón | 31,78 | 9,07 | 635,93 | 0,68 | 1271,75 | 267,85 mg/l |

Alcalinidad = Standard Methods

 * Ca CO₃

pH - TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

El relevamiento se efectuó entre los días 21,22 y 23 del mes de Diciembre del año 2010 y participaron del mismo personal de la UNER y del ERRTER

Las tablas 3.27 a y b presentan los valores encontrados para los elementos minoritarios y traza para las aguas del área 1. Los gráficos de barra, (figuras 3.30 a, b, c y d) proporcionan una idea de la distribución de los cationes minoritarios en el recurso y que será analizada más adelante.

| Punto | Tabla 3.27. a - Elementos Minoritarios. Área 1 | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------------------------------|-------|------|--------|-----|-----|------|-------|------|-------|--------|-------|
| | Analitos | As | B | Ba | Br | Fe | Li | Mn | Rb | Si | Sr | V |
| | Unidad | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
| Federación 1 | Valor | 28,5 | 136 | 229,40 | 120 | 13 | 27,8 | 0,7 | 6,63 | 8093 | 414,02 | 117,3 |
| Concordia 3 | | 55,6 | 208 | 298,02 | 68 | <10 | 16,5 | 0,9 | 4,04 | 10574 | 213,58 | 183,5 |
| San José 1 | | 113,4 | 1254 | 51,20 | 190 | 19 | 22,2 | 123,0 | 1,01 | 11402 | 33,82 | 53 |
| Colón 1 | | 86,6 | 1932 | 14,90 | 213 | <10 | 8,2 | 1,4 | 3,10 | 19703 | 49,17 | 337 |

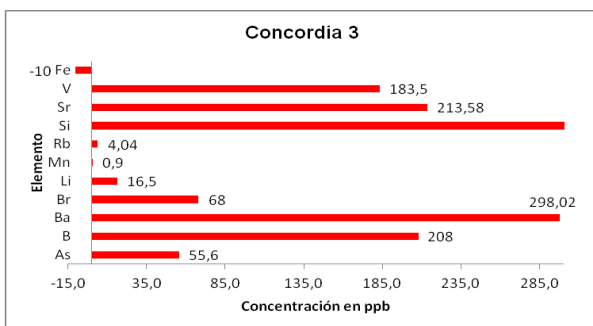


Figura 3.30 b –Elementos minoritarios para el sondeo de Concordia

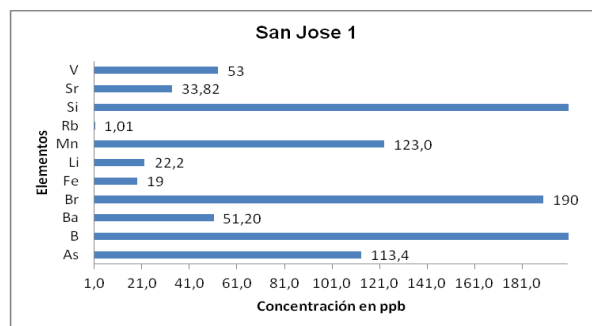


Figura 3.30 c –Elementos minoritarios para el sondeo de San José

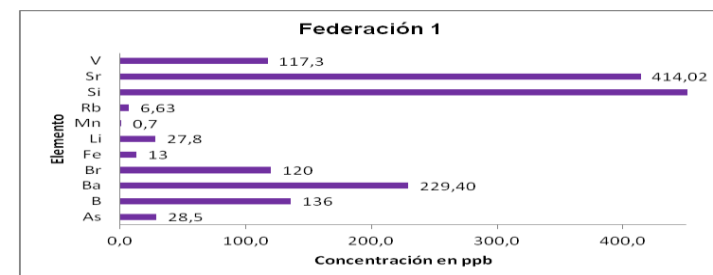


Figura 3.30 a –Elementos minoritarios para Federación

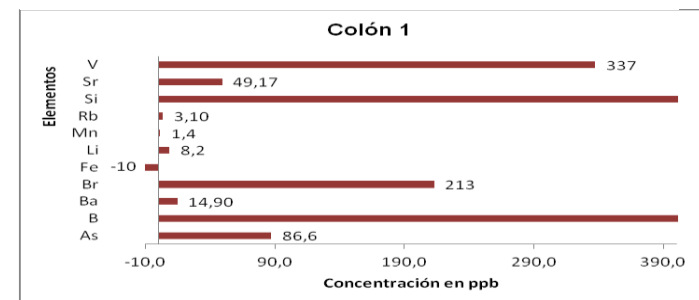


Figura 3.30 d –Elementos minoritarios para Colón

| Punto | 3.27. b - Elementos trazas Área 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|
| | Analitos | Ag | Al | Be | Bi | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Li | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | U | W | Zn |
| | Unidad | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
| Federación 1 | Valor | <0.05 | 7 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.02 | 16,5 | 0,5 | <0.1 | 27,8 | 2,1 | <0.2 | 0,3 | 0,35 | <0.05 | 3,56 | 0,29 | 1,8 |
| Concordia 3 | | <0.05 | 15 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.02 | 28,1 | 0,5 | <0.1 | 16,5 | 5,2 | <0.2 | 0,2 | 0,66 | <0.05 | 3,76 | 0,13 | 10,2 |
| San José 1 | | 0,06 | 25 | <0.05 | <0.05 | <0.05 | <0.02 | <0.5 | 1,2 | <0.1 | 22,2 | 5,3 | 0,2 | 0,2 | 0,48 | 0,11 | 25,47 | 1,10 | 2,1 |
| Colón 1 | | <0.05 | 12 | <0.05 | <0.05 | 0,09 | <0.02 | <0.5 | 1,0 | <0.1 | 8,2 | 7,4 | 2,8 | <0.1 | 1,14 | 0,18 | 11,01 | 4,44 | 1,9 |

Área hidroquímica 2

Siguiendo la metodología propuesta para el área anterior se consignan los resultados de los sondeos de Concepción del Uruguay y Gualaguaychú. (Tabla 3.28 y figura 3.31)

Tabla 3.28. Caracterización Área Hidroquímica 2.

| Perforación | Área de extracción | | SAG |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---|-----|
| Concepción del Uruguay 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas – Contacto Basalto/Basamento y Basamento | A | No |
| Concepción del Uruguay 2 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas | | No |
| Gualaguaychú 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | B | No |
| Gualaguaychú 2 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas - Sedimentos infrayacentes | | No |

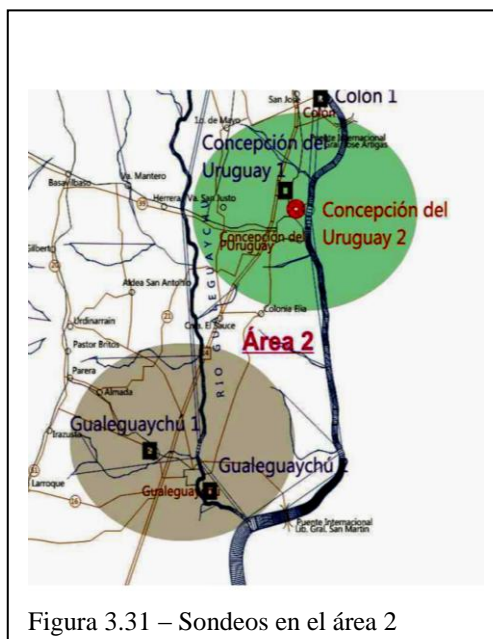


Figura 3.31 – Sondeos en el área 2

La diferenciación entre las denominadas áreas de extracción A y B está basada en que las dos perforaciones de Concepción del Uruguay no atravesaron sedimentos prebasálticos.

En la Tabla 3.29 se consignan los valores de los elementos mayoritarios de dos de los centros termales pertenecientes a cada sector por ser estos los que mantienen un régimen constante de explotación en el tiempo.

En la misma tabla se presentan los datos analíticos y las caracterizaciones correspondientes en las Figuras 3.32 a y b.

Tabla 29. Elementos Mayoritarios Área 2

| Punto | Analitos | Ca | Cl | K | Mg | Na | S |
|----------------|----------|--------|------|-------|-------|---------|------|
| | Unidad | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| Gualaguaychú 2 | Valor | 266,00 | 3223 | 14,00 | 48,00 | 4451,00 | 1052 |
| C. del U 1 | | 133,20 | 1740 | 10,40 | 17,70 | 2341,10 | 383 |

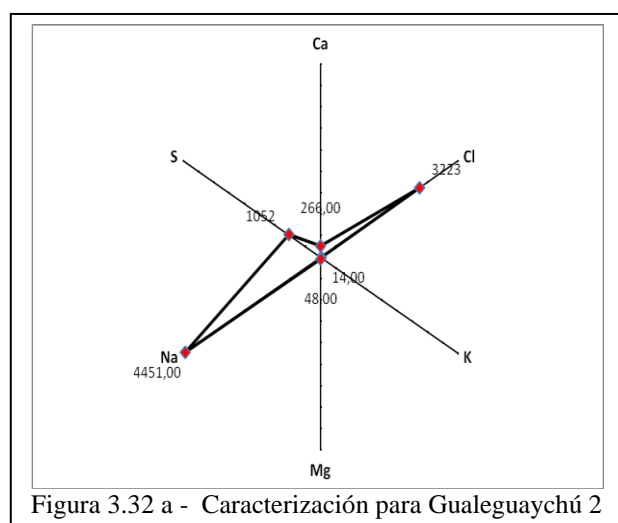


Figura 3.32 a - Caracterización para Gualaguaychú 2

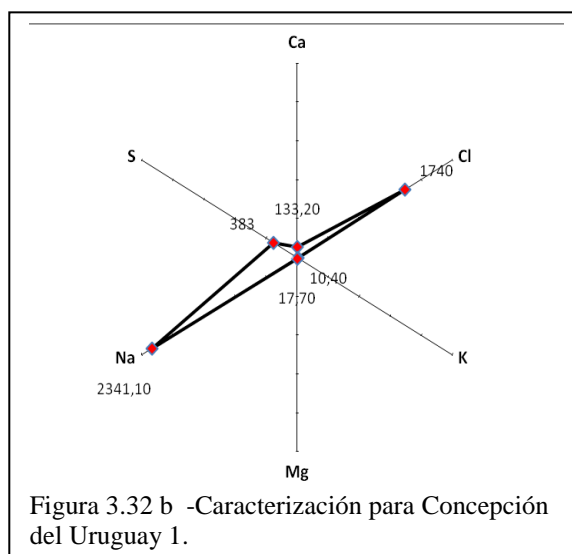


Figura 3.32 b -Caracterización para Concepción del Uruguay 1.

| Centro termal | Tabla 3.30 Parámetros Área 2 | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|------|-------------|-----------|------------------------|----------------------|
| | T° C | pH | TDS mg/l | Salinidad | Conductividad μS/cm | Alcalinidad* Mg/l |
| Concepción del Uruguay 1 | 26,30 | 8,08 | 4696,90 | 5,78 | 9393,717 | 82,8 mg/l |
| Gualectuaychú 2 | 31,47 | 8,23 | 7678,79 | 9,68 | 15357,86 | 200,00 mg/l |

Alcalinidad = Standard Methods

* Ca CO₃

pH - TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

El relevamiento se efectuó entre los días 21,22 y 23 del mes de Diciembre del año 2010

UNER 2010 ERRTER 2010

Dado que en las aguas de este sector el catión más abundante es el sodio (Na) seguido en orden de importancia por el cloro (Cl) la relación entre ambos elementos permite caracterizar a las mismas como, cloruradas y bicarbonatadas sódicas

En las Tablas 3.31 a y b de la pagina siguiente se representan las concentraciones de los elementos minoritarios y traza para el área sur- oriental de la provincia; y en las Figuras 3.33 a y b se hace referencia a la representatividad de los elementos minoritarios en los centros termales de Concepción del Uruguay y Gualectuaychú

| Punto | Tabla 3.31 a - Elementos Minoritarios Área 2 | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|---------|-----|
| | Analitos | As | B | Ba | Br | Fe | Li | Mn | Rb | Si | Sr | V |
| | Unidad | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
| Gualeguaychú 2 | Valor | <50 | 2452 | 26,00 | 17012 | <1000 | 192,0 | 32,0 | 26,00 | 20194 | 8617,00 | 23 |
| C. del U 1 | | 8,0 | 2216 | 19,70 | 3542 | <100 | 33,0 | 19,5 | 31,10 | 16418 | 2151,70 | 55 |

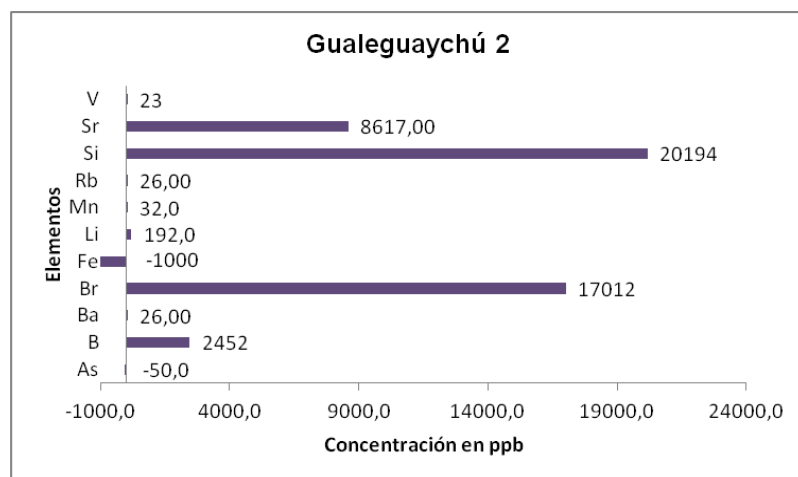


Figura 3.33 a – Elementos minoritarios en Gualeguaychú 2

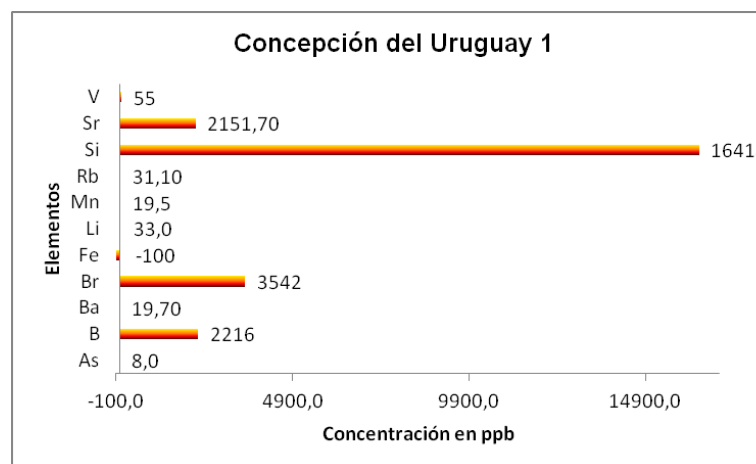


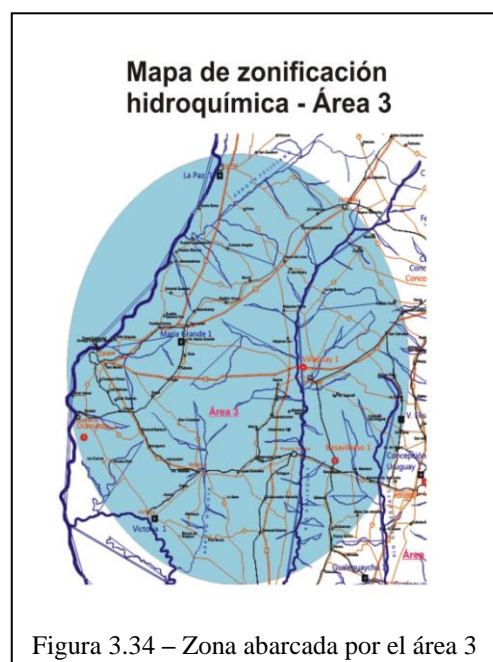
Figura 3.33. b – Elementos minoritarios en C. del Uruguay 1

| Punto | Tabla 3.31 b - Elementos trazas Área 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|-----|-------|------|-----|------|-------|------|------|------|------|
| | Analitos | Ag | Al | Be | Bi | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Li | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | U | W | Zn |
| | Unidad | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
| Gualeguaychú 2 | Valor | <5 | 347 | <5 | <5 | <5 | <2 | <50 | 20,0 | <10 | 192,0 | 94,0 | <20 | 40,0 | 17,00 | <5 | <2 | <2 | 72,0 |
| C. del U 1 | | <0.5 | 22 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.2 | <5 | 4,0 | <1 | 33,0 | 35,0 | <2 | <1 | <0.5 | <0.5 | 0,90 | 1,70 | 23,0 |

Área hidroquímica 3

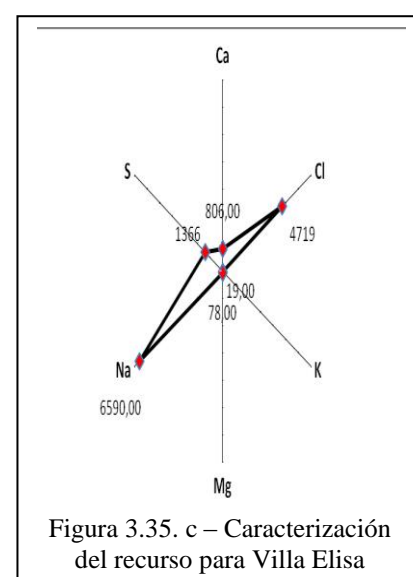
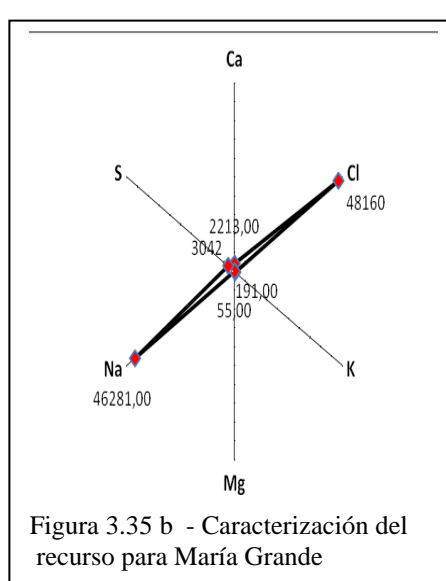
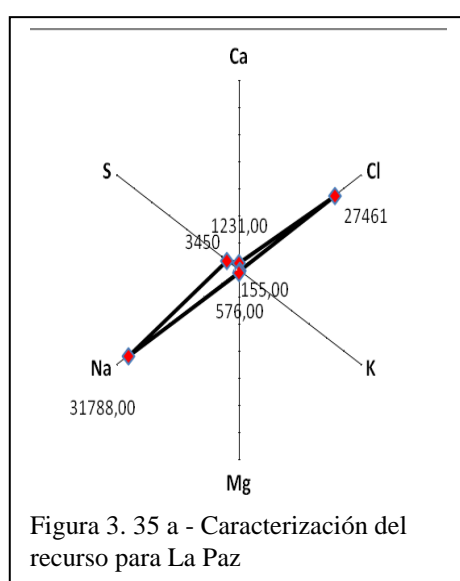
En la Tabla 3.32 se señalan las perforaciones y su área de extracción y en la figura 3.34 su ubicación en el contexto provincial.

| Perforación | Área de extracción | SAG |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| La Paz 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas – Sedimentos infrayacentes | No |
| María Grande | Basaltos y sus intercalaciones clásticas | |
| Villaguay 1 | Basaltos y sus intercalaciones clásticas – Sedimentos infrayacentes | |
| Basavilbaso | Basaltos y sus intercalaciones clásticas – Sedimentos infrayacentes | |
| Villa Elisa | Basaltos y sus intercalaciones clásticas – Sedimentos infrayacentes | |
| Victoria | Sedimentos suprabasálticos y techo de los basaltos | |
| Diamante | Basaltos y sus intercalaciones clásticas | |



Los elementos mayoritarios de los complejos termales ubicados en el sector centro occidental de la provincia se presentan en la Tabla 3.33 y en las figuras 3.35 a. b y c su procesamiento.

| Punto | Analitos | Ca | Cl | K | Mg | Na | S |
|----------------|----------|---------|-------|--------|--------|----------|------|
| | Unidad | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| La Paz 1 | Valor | 1231,00 | 27461 | 155,00 | 576,00 | 31788,00 | 3450 |
| María Grande 1 | | 2213,00 | 48160 | 191,00 | 55,00 | 46281,00 | 3042 |
| Villa Elisa 1 | | 806,00 | 4719 | 19,00 | 78,00 | 6590,00 | 1366 |



De las figuras 3.35 a 3.35 c que presentan la concentración de los elementos mayoritarios es posible caracterizar a las aguas de esta área como cloruradas sódicas

La Tabla 3.34 representa los valores obtenidos de las mediciones in situ de los parámetros como T °C, pH, TDS, conductividad y salinidad, los que fueron, a excepción de la temperatura controlados en laboratorio donde asimismo se determinó la alcalinidad.

| Tabla 3.34. Parámetros área 3. | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|-----------|---------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Centro Termal | Parámetros | | | | | |
| | T° C | pH | TDS mg/l | Salinidad | Conductividad μS/cm | Alcalinidad* Mg/l |
| La Paz | 38,67 | 6,94 | 49359,40 | > 70,00 | 98719,25 | 152,92 mg/l |
| María Grande | 43,10 | 7,39 | 61744,80 | > 70,00 | 123485,00 | 38,96 mg/l |
| Villa Elisa | 39,8 | 7,52 | 12203,33 | 15,69 | 24407,62 | 73,05 mg/l |

Alcalinidad = Standard Methods

* Ca CO₃

pH - TDS - Salinidad - Conductividad = Sonda HI 929828

El relevamiento se efectuó entre los días 21,22 y 23 del mes de Diciembre del año 2010

UNER 2010 ERRTER 2010

En las tablas 3.35 a y b y figuras 3.36 a y b se vuelcan los resultados obtenidos del análisis de las muestras de los centros termales de La Paz, María Grande y Villa Elisa para los elementos minoritarios.

| Punto | Tabla 3.35 a - Elementos Minoritarios área 3 | | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------------------------------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|
| | Analitos | As | B | Ba | Br | Fe | Li | Mn | Rb | Si | Sr | V |
| | Unidad | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
| La Paz 1 | Valor | 84,0 | 8798 | 40,00 | 49598 | <1000 | 1080,0 | 0,9 | 385,00 | 8304 | 21423,00 | 707,9 |
| María Grande 1 | | <500 | 26003 | 92,00 | 109313 | <10000 | 1089,0 | 493,0 | 439,00 | <40000 | 34387,00 | 100 |
| Villa Elisa 1 | | <50 | 4976 | 30,00 | 10769 | <1000 | 492,0 | 840,0 | 30,00 | 13065 | 11414,00 | 321 |

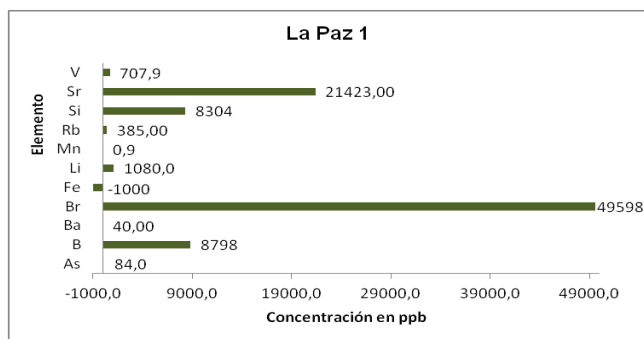


Figura 3.36 a – Elementos minoritarios para La Paz

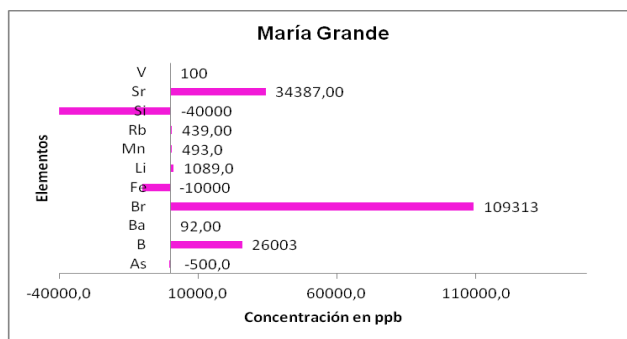


Figura 3.36 a – Elementos para María Grande

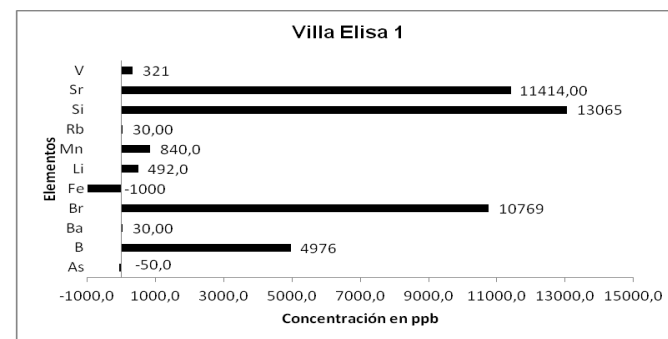


Figura 3.36 a – Elementos minoritarios para Villa Elisa

| Punto | Tabla 3.35 b. - Elementos trazas Área 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------------------|-----|-------|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------|-------|------|------|-----|------|-------|-----|-------|
| | Analitos | Ag | Al | Be | Bi | Cd | Co | Cr | Cu | Hg | Li | Mo | Ni | Pb | Sb | Sn | U | W | Zn |
| | Unidad | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb |
| La Paz 1 | Valor | <5 | 108 | <5 | <5 | <5 | 2,00 | <50 | 45,0 | <10 | 1080,0 | 66,0 | <20 | 27,0 | <5 | 5,00 | 17,00 | <2 | 329,0 |
| María Grande 1 | | <50 | <1000 | <50 | <50 | <50 | <20 | <500 | <100 | <100 | 1089,0 | 776,0 | <200 | <100 | <50 | <50 | <20 | <20 | <500 |
| Villa Elisa 1 | | <5 | <100 | <5 | <5 | <5 | <2 | <50 | 19,0 | <10 | 492,0 | 72,0 | <20 | <10 | <5 | <5 | 3,00 | <2 | <50 |

Los elementos minoritarios en las aguas termales entrerrianas

El análisis sobre la presencia de estos elementos químicos, caracterizados por su concentración y yacencia, permite inferir la procedencia de los efluentes termales explotados en la provincia; es así que en los párrafos siguientes se realizará una breve reseña sobre la génesis de estos cationes.

Vanadio (V)

Este elemento se encuentra como producto de un lixiviado de los óxidos de vanadio por acción de las aguas subterráneas en rocas sedimentarias. (Betejtin, A. 1977)

Sílice (Si)

Se encuentra en el agua subterránea y su presencia está relacionada con los procesos de hidrólisis de feldespatos y silicatos. (IUPA, Consulta 2012)

Estroncio (Sr)

El ión estroncio procede de las sales de estroncio asociadas a rocas carbonatadas y de aportes de agua de mar. (IUPA Consulta 2012)

Bario (Ba)

Frecuente en los yacimientos hidrotermales se lo encuentra asociado al manganeso (óxidos y carbonatos) y al hierro en zonas litorales arcillosas y areniscas marinas. (Betejtin, A. 1977)

Bromo (Br)

Es abundante en agua de mar y casi inexistente en aguas dulces. Es un buen indicador de intrusión marina. (IUPA Consulta 2012)

Boro (B)

Procede de la alteración de rocas ígneas, gases volcánicos, agua marina y terrenos evaporíticos (IUPA. Consulta 2012)

Arsénico (As)

Tiene origen natural, producto de la disolución de minerales arseniosos vinculados a las erupciones volcánicas y a la actividad hidrotermal final. (Betejtin, A. 1977)

Hierro (Fe)

El hierro se encuentra asociado a los procesos de oxidación de rocas eruptivas básicas y ultrabásicas; también puede aparecer ligado a procesos hidrotermales de media abaja temperatura. (Betejtin, A. 1977)

Litio (Li)

Presente en las aguas en forma de sales y al igual que con lo que acontece con la sílice se encuentra asociado al cuarzo y los feldespatos. (Betejtin, A. 1977)

Manganeso (Mn)

Se forma en procesos epitermales con temperaturas menores a los 150 °C (Betejtin, A. 1977)

Rubidio (Rb)

Finalmente este elemento es el que en menor concentración se encuentra en todos los sondeos y es posible asociarlo a rocas que se forman en filones hidrotermales de alta temperatura. (Betejtin, A. 1977)

Como conclusión general y de acuerdo a lo expuesto anteriormente se podría inferir que una parte importante de la mineralización que poseen las aguas subterráneas profundas de la provincia se debe al aporte realizado por lixiviación de las rocas volcánicas sobreyacentes a las sedimentitas que las alojan, a la presencia de intrusiones marinas y a procesos hidrotermales.

Análisis estadísticos y discusión de los resultados

Para la realización de dichos análisis se utilizó el programa InfoStat® en su modalidades de Análisis de Conglomerados y Componentes Principales, por ser estas las técnicas más adecuadas para el procesamiento de datos con las características de los estudiados.

Análisis de Conglomerados

Los dendogramas por los cuales se presentaran los resultados del procesamiento estadístico de los datos de campo muestran los agrupamientos de los mismos separando los elementos mayoritarios, minoritarios y trazas en sus dos posibilidades. La primera presenta el grado de asociación de los elementos químicos entre sí, mientras que la segunda permite diferenciar, en función de dichos análisis el grado de relación de los lugares de muestreo (perforaciones).

La figura 3.37 indica a nivel de elementos mayoritarios que existen correlaciones significativas entre los cloruros y el sodio (primer agrupamiento), el segundo lo constituye el magnesio, potasio y calcio, que luego se vinculan en menor medida con los sulfatos y todos ellos se diferencian significativamente de los cloruros y el sodio, lo que

resulta congruente dado que son aguas cloruradas sódicas y sulfatadas sódicas.

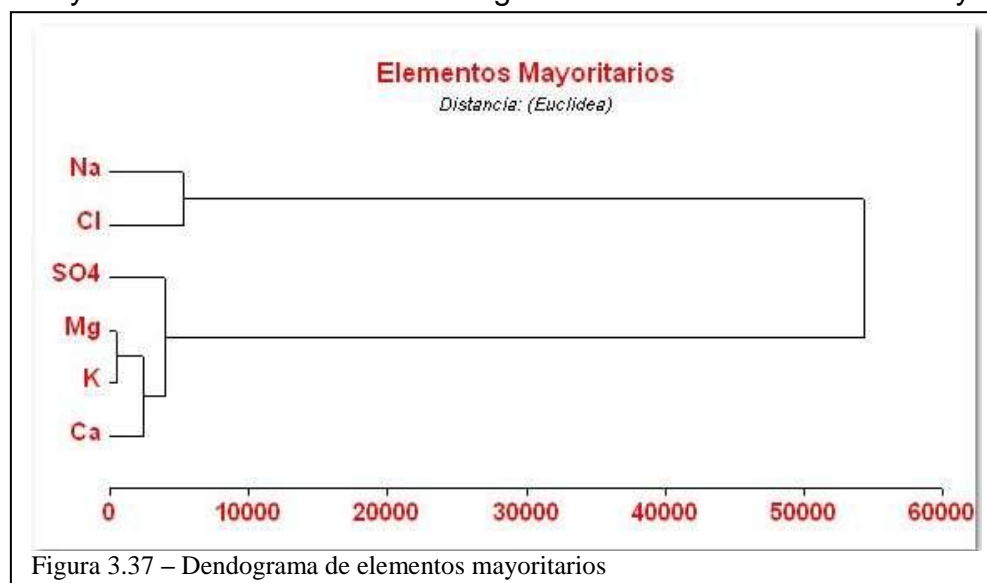


Figura 3.37 – Dendograma de elementos mayoritarios

En lo que respecta a los agrupamientos en función de las perforaciones, la figura 3.38, muestra un agrupamiento entre las localidades de La Paz y María Grande, que se diferencia claramente de las otras perforaciones, el agrupamiento que presenta mejor asociación lo constituyen las perforaciones de las localidades de Federación, Concordia, San José y Colón, lo que se explica por el bajo grado de mineralización que presenta el agua alumbrada en dichas perforaciones. Un tercer agrupamiento corresponde a las perforaciones de Gualaguaychú (pozo II) y Villa Elisa, con mineralizaciones intermedias, y vinculadas con las del segundo grupo la perforación de Concepción del Uruguay (pozo I).

En síntesis los elementos mayoritarios solo permiten diferenciar tres grupos o asociaciones.

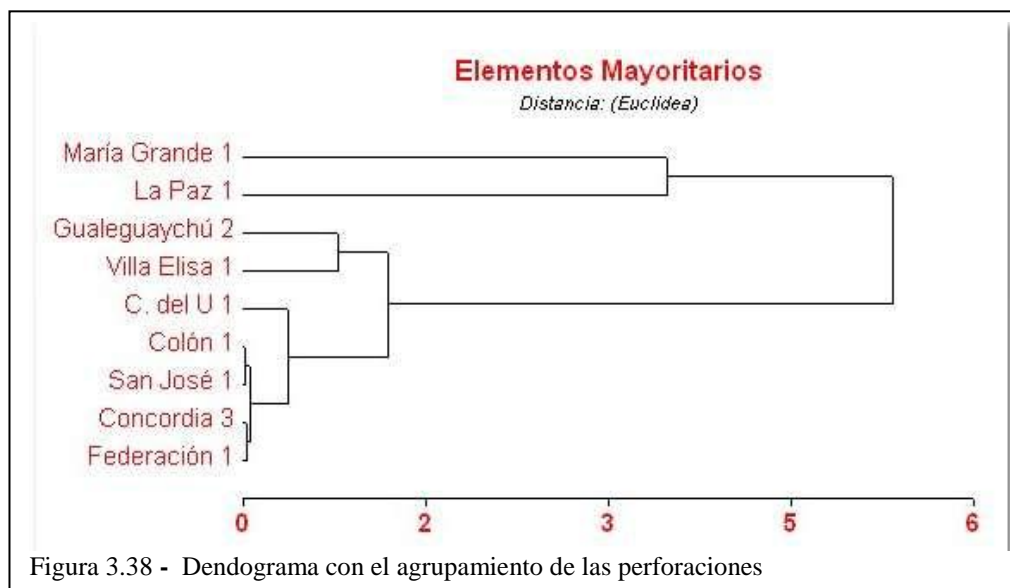


Figura 3.38 - Dendrograma con el agrupamiento de las perforaciones

La Figura 3.39 presenta los agrupamientos de los elementos minoritarios; en ellos se manifiesta un alto grado de relación entre el litio (Li), manganeso (Mn), vanadio (V), bario (Ba), plomo (Pb) y arsénico (As), lo que daría lugar al primer agrupamiento. El segundo agrupamiento lo constituye el estroncio (Sr) y el Boro (B) y entre ambos se encontraría ubicado el hierro (Fe) que correlacionaría con mayor relación con el primer grupo. La sílice (Si) presenta un bajo nivel de correlación con ambos grupos y finalmente el bromo (Br) manifiesta un muy bajo nivel de correlación con los otros elementos minoritarios, lo cual podría indicar o explicar los distintos orígenes de las aguas muestreadas en las diferentes perforaciones.

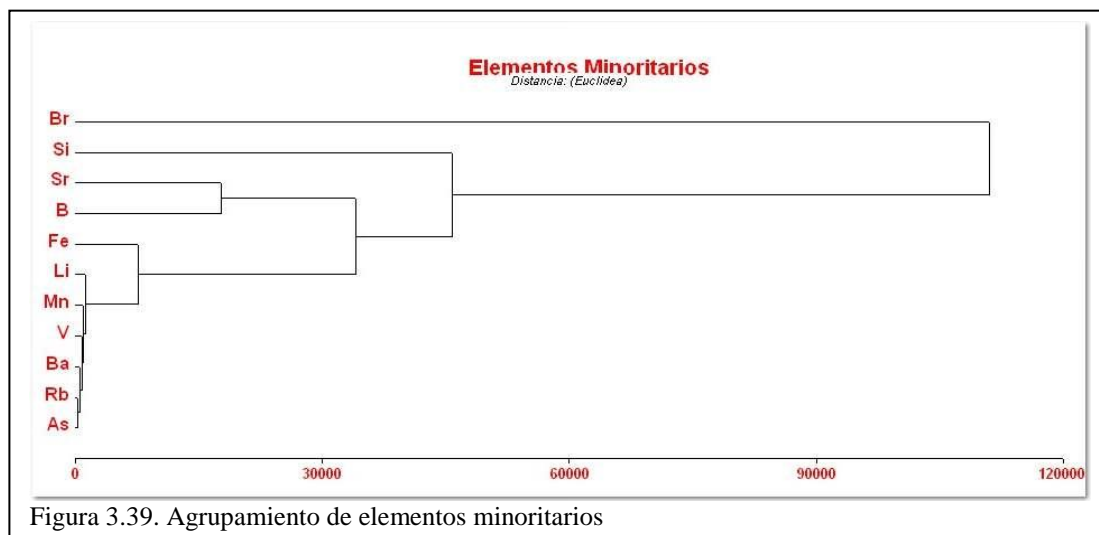


Figura 3.39. Agrupamiento de elementos minoritarios

La Figura 3.40 presenta el agrupamiento o clusters de las perforaciones basado en los elementos minoritarios. Se puede definir un primer agrupamiento constituido por las perforaciones de Concordia I y Federación I (bajo nivel de mineralización), u segundo agrupamiento entre las perforaciones de Concepción del Uruguay I, Gualeguaychú II, San José 1y Colón1, con aguas de mineralizaciones intermedias, donde las primeras dos manifiestan el mejor grado de asociación. Los grupos presentan una correlación entre sí

menor, y luego se correlacionan con dichos agrupamientos en orden decreciente de vinculación las perforaciones de Villa Elisa I, La Paz I y finalmente María Grande I, la que evidentemente presenta el menor grado de asociación con el resto de los sondeos, en lo que a elementos minoritarios se refiere.

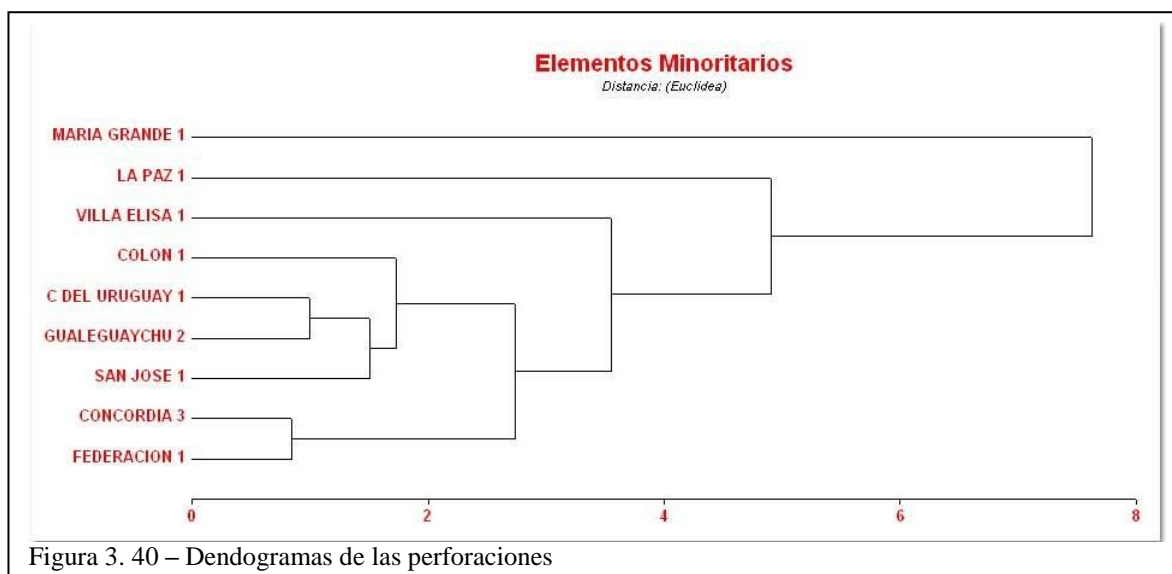


Figura 3. 40 – Dendogramas de las perforaciones

La Figura 3.41 presenta el agrupamiento de los elementos traza, una primera asociación con un alto grado de correlación lo constituye el mercurio (Hg), plomo (Pb), cobre (Cu), uranio (U), wolframio (W), cobalto (Co), antimonio (Sb), estroncio (Sn), bismuto (Bi), berilio (Be) y plata (Ag), donde los cuatro últimos presentan el mayor grado de afinidad entre sí.

El segundo agrupamiento lo constituyen el molibdeno (Mo) y el aluminio (Al), con un nivel bajo de afinidad, constituyen el segundo agrupamiento, e intermedio entre el primero y el segundo con menor grado de afinidad creciente se encuentran el níquel (Ni) y el cromo (Cr).

Se debe señalar, finalmente, que el litio (Li) no presenta afinidad con ninguno de los demás elementos traza, lo que se podría considerar

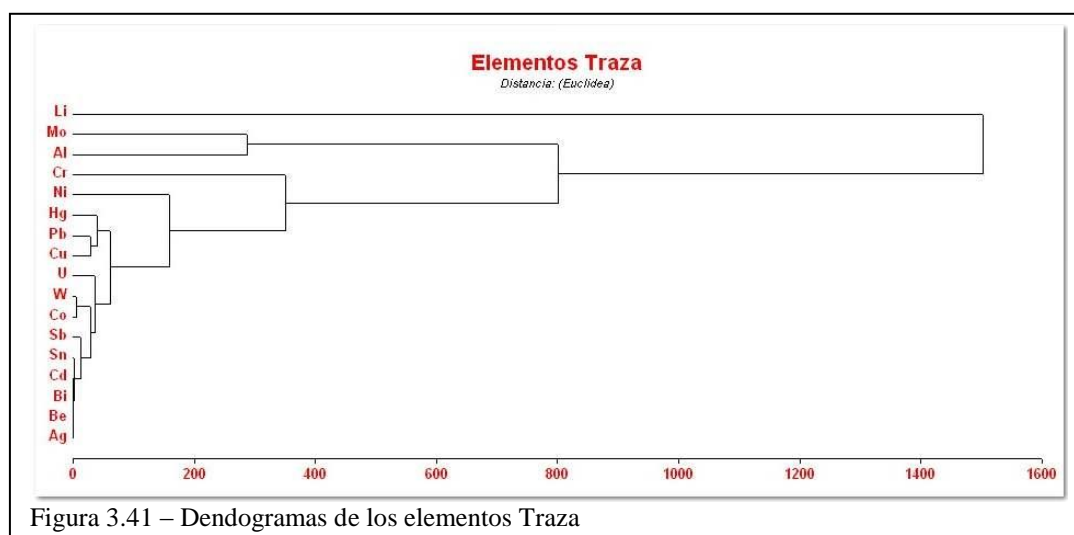
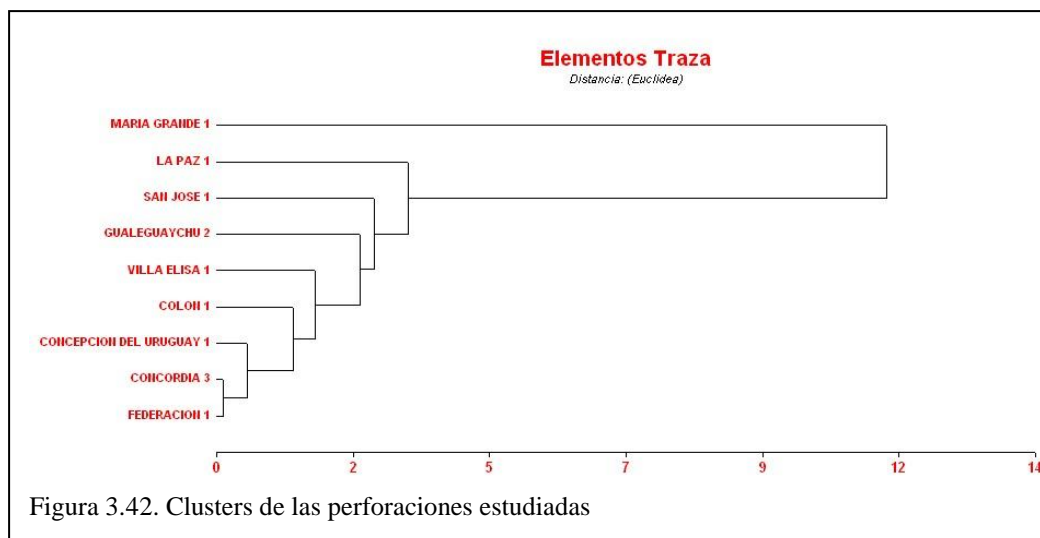


Figura 3.41 – Dendogramas de los elementos Traza

como un potencial indicador - a nivel de elemento traza- del origen de las aguas.

La Figura 3.42 presenta el agrupamiento o clusters de las perforaciones basado en los elementos Traza. Se puede definir un único agrupamiento constituido por las

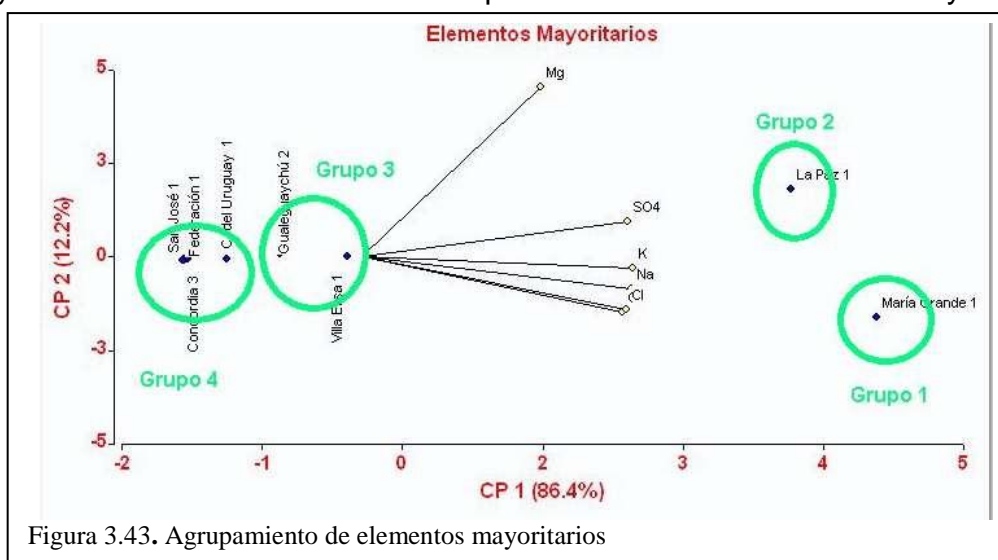
perforaciones de Concordia I y Federación I (bajo nivel de mineralización). La perforación de María Grande I, es la que evidentemente no presenta grado de asociación con el resto de las perforaciones, en lo que a elementos traza se refiere, dado que tiene la mayor distancia (Euclídeas) con respecto al resto de las perforaciones. Entre esta y el único agrupamiento, las perforaciones de C. del Uruguay I, Colón I, Villa Elisa I, Gualeguaychú II, San José I y La Paz I, en ese orden, van señalando una disminución creciente de la afinidad con la única asociación señalada.



Análisis de Componentes Principales

En la Figura 3.43 se pueden diferenciar cuatro grupos de aguas en las distintas perforaciones, el grupo 1 controlado por los cloruros, sodio, potasio que se muestran crecientes en el sentido de la Componente Principal 1 (CP1), la que explica el 86,4% de la varianza de la información. En el sentido opuesto con los menores contenidos de dichos elementos mayoritarios se encuentran las perforaciones San José I, Federación I, Concordia 3 y Concepción del Uruguay 1, las que constituyen el Grupo o agrupamiento 4, intermedia entre ambos grupos se encuentran las perforaciones de Gualeguaychú 2 y Villa Elisa 1, crecientes en ese sentido con el grado de mineralización que las separan del grupo 4.

Finalmente y controlado fundamentalmente por los contenidos de sulfatos y en menor medida por el magnesio, se encuentra la perforación de La Paz 1, que constituiría el denominado grupo 2. Debe señalarse que la componente principal dos (CP2) explica el 12,2% de la varianza que suministran los resultados analíticos de los elementos mayoritarios.



En la Figura 3.44 a partir del análisis de componentes principales de los elementos minoritarios se pueden diferenciar cuatro grupos de aguas en las distintas perforaciones, el grupo 1 controlado por el estroncio (Sr), bromo (Br), hierro (Fe), rubidio (Rb), sílice (Si) en el sentido de la Componente Principal 1 (CP1), la que explica el 63,2 % de la varianza de la información. En el sentido opuesto con los menores contenidos de dichos elementos mayoritarios se encuentran las perforaciones San José I, Federación I, Concordia 3 y Concepción del Uruguay 1, las que constituyen el Grupo o agrupamiento 4, intermedia entre ambos grupos se encuentran las perforaciones de Gualaguaychú 2 y Villa Elisa 1, crecientes en ese sentido con el grado de mineralización que las separan del grupo 4.

Por último y controlado fundamentalmente por los contenidos de vanadio (V) y en menor medida por litio (Li) se encuentra la perforación de La Paz 1, que constituiría el denominado grupo 2. Debe señalarse que la componente principal dos (CP2) explica el 16,1% de la varianza que suministran los resultados analíticos de los elementos mayoritarios, por ello ambos componentes no llegan a explicar el 80% de la varianza, lo que indica la necesidad de un análisis de la componente principal 3 (CP-), para entender claramente como inciden dichos elementos minoritarios en los agrupamientos o separación de las perforaciones muestreadas.

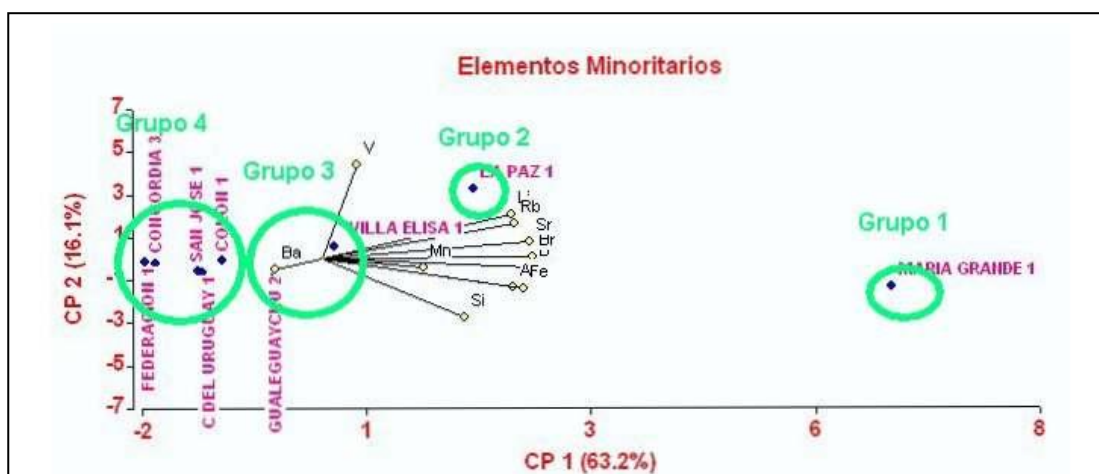


Figura 3.44. Agrupamiento por elementos químicos de las perforaciones

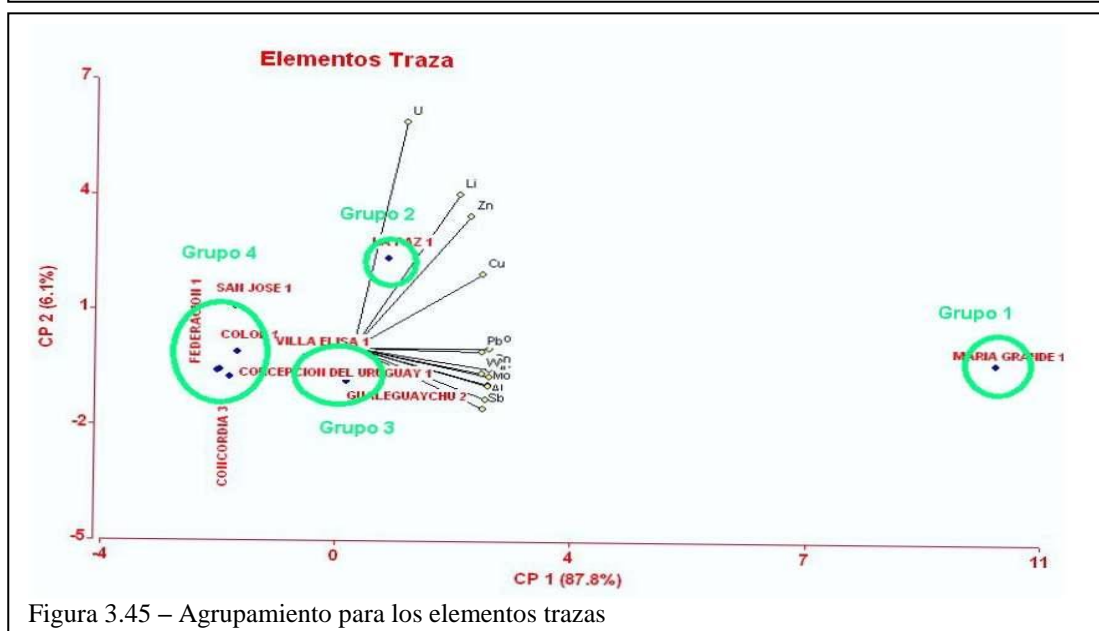


Figura 3.45 – Agrupamiento para los elementos trazas

Para el análisis de los componentes traza (figura 3.45) se presenta la misma tendencia de los agrupamientos que para el caso de los componentes mayoritarios y diferenciando aquí también cuatro grupos.

Conclusiones particulares de la hidroquímica

Como conclusión general, y al analizar el procesamiento en conjunto de los componentes mayoritarios, minoritarios y trazas figura 3.46 y a partir de lo señalado por el análisis de los elementos por separado se puede validar; a partir de la información hidroquímica incorporada en esta tesis y su correspondiente tratamiento estadístico multivariado por las técnicas de agrupamiento y de componentes principales; que en el modelo hidroquímico más arriba propuesto es posible diferenciar cuatro grupos.

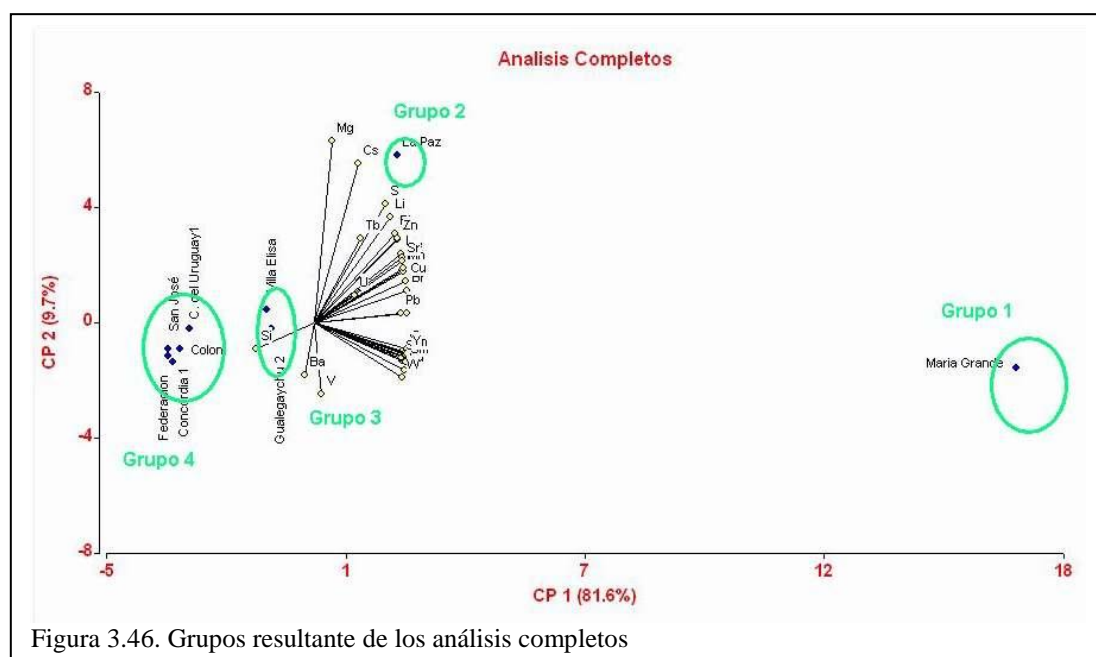


Figura 3.46. Grupos resultante de los análisis completos

Estos grupos serían:

Grupo 1 = María Grande: se distancia de los demás muestreos por su alejamiento hacia la derecha, evidenciando una fuerte concentración de elementos mayoritarios, minoritarios y trazas posiblemente debido al sitio de donde es extraído el recurso

Grupo 2 = La Paz: Al igual que el caso anterior se diferencia del resto por su elevada mineralización, esta desigualdad se encuentra expresada por los valores de conductividad eléctrica que presenta el efluente y las concentraciones de cloruros, sodio y sulfatos.

Grupo 3 = Villa Elisa - Gualaguaychú: Estos dos sondeos si bien difieren al encontrarse en áreas distintas posiblemente se encuentren vinculados por la paridad que existe entre los elementos catiónicos minoritarios y trazas que presenta el efluente.

Grupo 4 = Federación - Concordia - San José - Colón y Concepción del Uruguay. Centros termales agrupados por la baja mineralización de sus aguas.

Este nuevo esquema está validado por el tratamiento estadístico de conglomerados y de componentes principales de datos analíticos incompletos antecedentes de perforaciones en la provincia de Entre Ríos (Colón, Villa Elisa, Concordia, C del Uruguay, Concordia, Gualaguaychú I, Gualaguaychú II Chajarí, Villaguay, La Paz y María Grande) y la incorporación de perforaciones de la República Oriental del Uruguay (Almirón, Daymán, Paso Ulleste, Guaviyú, Nicanor, Arapey, Salto y Guarivarí), que se presentan en la Tabla 3.36 y figuras 3.47a y b y 3.48 las que determinan asimismo cuatro áreas definidas hidroquímicamente.

Desde el punto de vista de los elementos mayoritarios, como es de esperar, existe un primer agrupamiento que vincula la conductividad eléctrica con el residuo seco, los cloruros con el sodio, el calcio y el magnesio, los sulfatos correlacionan en alto grado con estos dos últimos, en menor medida con los cloruros y el sodio y finalmente con bajo grado de afinidad con la conductividad eléctrica y el residuo seco, lo que es un indicativo de lo incompleto de la información disponible previa al estudio de las propiedades físico químicas de las aguas llevados adelante en el marco de esta tesis doctoral.

El análisis de componentes principales permitió definir cuatro grupos, controlados por los contenidos creciente de los elementos principales en el sentido horizontal de la componente principal 1 (CP1),: la que explica el 81,4% de la varianza suministrada por los resultados de laboratorio, hacia las perforaciones de María Grande I, La Paz I y Villaguay I, las que constituyen el primer grupo dominado por el elevado contenido salino, el segundo grupo es la perforación Villa Elisa I, Gualaguaychú I y II, con contenidos intermedios con respecto a los grupos 3 y 4.

El Grupo 3 está constituido por las perforaciones de Concepción del Uruguay I y Almirón /ROU), con salinidades decrecientes con respecto al Grupo 2 y mayores que las del Grupo 4, constituido por el resto de las perforaciones, las que presentan aguas de bajo contenido salino.

La componente principal 2 (CP2) explica el 12.6% de la varianza, con lo cual ambas componentes llegan a superar 94% de la información suministrada por las determinaciones analíticas,

A partir de esta información incompleta era posible diferenciar cuatro grupos o áreas similares.

Grupo I: María Grande, La Paz y Villaguay

Grupo II Villa Elisa. Y Gualaguaychú I y II.

Grupo III: Almirón y Concepción del Uruguay.

Grupo IV: Federación, Concordia, Chajarí, Paso Ulleste, Guaviyú, Salto, Arapey, Nicanor y Daymán, Colón y Guarivarí.

Tabla 3.36. - Datos analíticos de perforaciones de Entre Ríos y de la República Oriental del Uruguay.

| Localidad | País | Variable | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|----------|-----|--------|------|---------|-------|---------|---------|-------|----------|---------|
| | | Temp. | pH | Ca | Mg | Na | K | Cl | SO4 | CO3H | C.Eléct. | R. Seco |
| Salto | R.O.Uruguay | | 7.6 | 56.0 | 9.7 | 14.0 | 8.0 | 11.0 | 48.0 | 238.0 | 380 | 220 |
| Arapey | R.O.Uruguay | 39.0 | 7.5 | 24.4 | 9.1 | 74.0 | 6.0 | 18.0 | 11.0 | 250.0 | 358 | 256 |
| Guaviraví | R.O.Uruguay | 20.0 | | 40.0 | 19.0 | | | 14.2 | 13.9 | 230.0 | 700 | 304 |
| Nicanor | R.O.Uruguay | 44.0 | 8.7 | 7.9 | 2.2 | 145.0 | 4.2 | 76.2 | 45.0 | 224.0 | 729 | 408 |
| Dayman | R.o.Uruguay | 46.0 | 8.4 | 5.2 | 1.5 | 205.0 | 4.0 | 44.0 | 48.0 | 200.0 | 637 | 455 |
| Chajarí | Argentina | 38.5 | 8.2 | 11.0 | 5.0 | 175.0 | 2.0 | 120.0 | 40.0 | 230.0 | 918 | 509 |
| Concordia | Argentina | 45.0 | 7.7 | 2.2 | 2.0 | 56.0 | 2.0 | 11.9 | 23.0 | 275.0 | 1359 | 630 |
| Federación | Argentina | 43.2 | 6.4 | 22.8 | 5.5 | 154.0 | 0.0 | 174.9 | 102.0 | 331.0 | 1044 | 670 |
| Guaviyú | R.O.Uruguay | 37.5 | 8.7 | 1.8 | 0.4 | 245.0 | 2.0 | 81.0 | 70.0 | 302.0 | 997 | 712 |
| Nicanor | R.O.Uruguay | 44.0 | 8.7 | 7.9 | 2.2 | 145.0 | 4.2 | 76.2 | 45.0 | 224.0 | 729 | 408 |
| Colón | Argentina | 33.0 | 8.7 | 2.3 | 0.3 | 298.0 | 1.0 | 128.0 | 148.0 | 195.0 | 1084 | 774 |
| P. Ulleste | R.O.Uruguay | s/d | | 41.5 | 5.8 | 900.0 | 10.0 | 911.7 | 602.0 | 129.0 | 3000 | 2605 |
| C. del Uruguay | Argentina | 29.0 | 7.4 | 117.6 | 15.2 | 2291.4 | 15.8 | 3051.0 | 883.2 | 82.8 | 9000 | 6278 |
| Almiron | R.O.Uruguay | 34.0 | 7.8 | 180.0 | 8.9 | 2517.0 | 10.0 | 2949.0 | 1347.0 | 29.0 | 9902 | 7073 |
| Villa Elisa | Argentina | 41.6 | 7.3 | 493.6 | 43.5 | 4209.0 | 26.2 | 5176.0 | 2723.0 | 79.1 | 16850 | 11795 |
| Gualeguaychu I | Argentina | 24.3 | 8.1 | 366.0 | 38.5 | 4267.0 | 29.0 | 5733.0 | 2332.0 | 36.0 | 20290 | 12758 |
| Villaguay | Argentina | | 7.7 | 360.0 | 67.0 | 23500.0 | 114.0 | 28810.0 | 11930.0 | 124.0 | 78600 | 61000 |
| La Paz | Argentina | 40.0 | 7.7 | 874.0 | 92.3 | 10304.0 | 145.8 | 14020.0 | 4936.0 | 147.0 | 106920 | 74844 |
| Maria Grande | Argentina | 43.0 | 7.6 | 1061.0 | 47.4 | 11086.0 | 107.1 | 15087.0 | 4425.0 | 33.9 | 180216 | 126151 |
| Gualeguaychu II | Argentina | 28.0 | 6.9 | 168.0 | 81.7 | 7490.0 | 44.0 | 7900.0 | 3260.0 | | 13600 | 11480 |

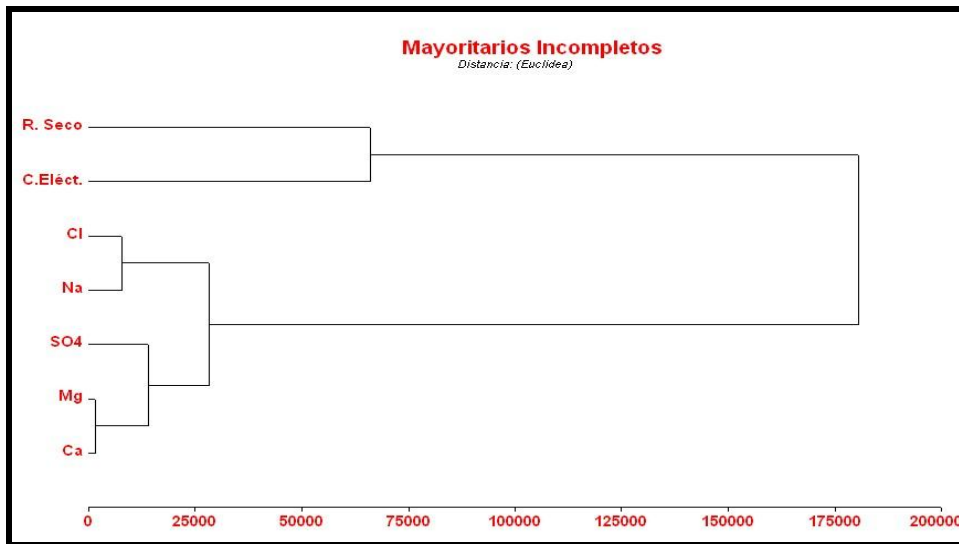


Figura 3.47 a Análisis de Conglomerados de las elementos mayoritarios antecedentes de las perforaciones de Entre Ríos y de la R. O. del Uruguay.

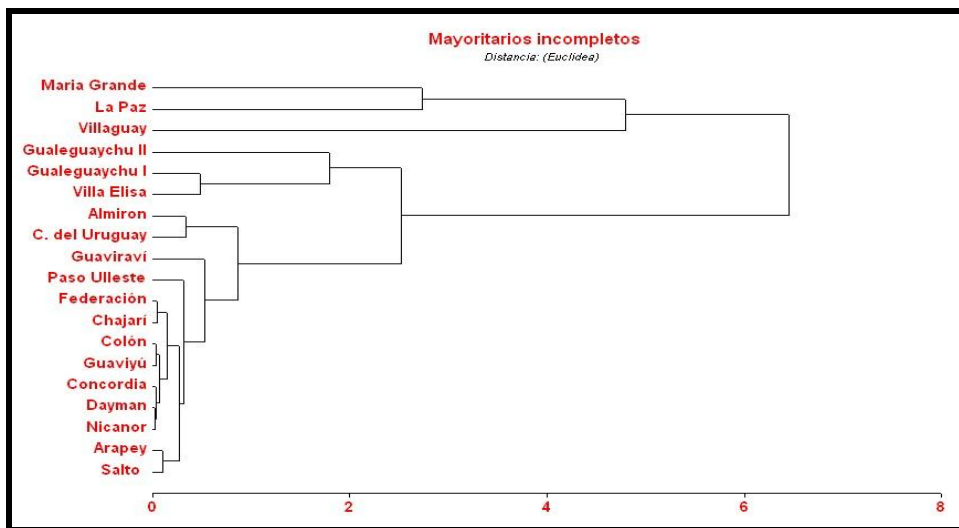


Figura 3.47.b Análisis de Conglomerados de muestras de aguas antecedentes de Perforaciones de Entre Ríos y de la República Oriental del Uruguay.

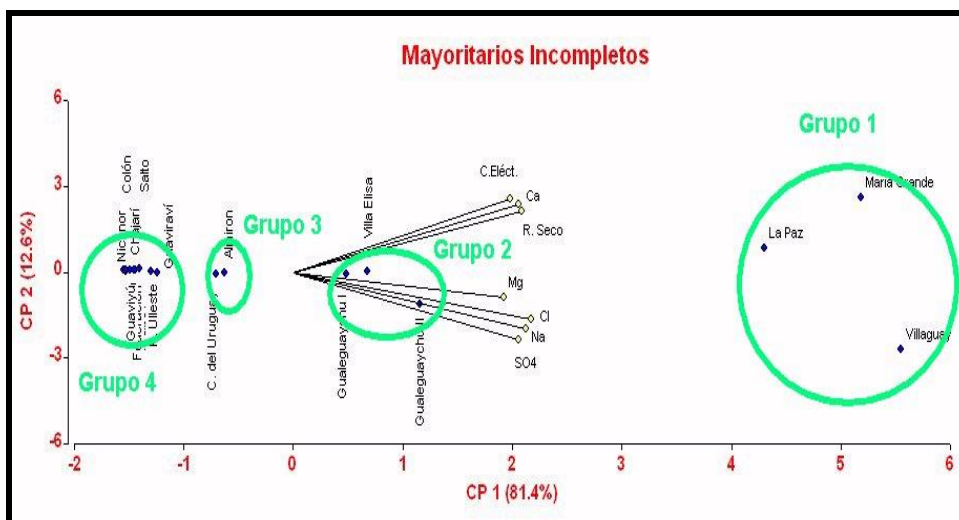


Figura 3.48. Análisis de Componentes Principales de muestras de aguas antecedentes de perforaciones de Entre Ríos y de la R. O del Uruguay.

ANEXO HIDROQUÍMICA

3.2.4 Ambientales

Como resultado final en lo que respecta a la exploración, preservación, uso del recurso termal y el cuidado de su entorno natural Mársico (2012) propone un Modelo de Estudio de Impacto Ambiental y su correspondiente Plan de Gestión para que la actividad se desarrolle de manera sostenible con el ecosistema, el mismo es el que se aplica actualmente en todo el ámbito provincial, producto del convenio celebrado entre el Ente Regulador de los Recursos Termales de Entre Ríos (ERRTER) y la Secretaría de Ambiente Sustentable.

Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)

- Índice
- Introducción – Justificación
- Objetivos
- Localización del proyecto y de todo punto de interés (por ej.: boca de pozo, puntos de muestreo, etc.) a través de:
 - Planos, Imágenes, Fotos, Carta IGM, Mensuras - Otros
- Metodología de trabajo aplicada mencionando:
 - Trabajo de gabinete y de campo
- Declaración Ambiental de Base
 - Los componentes que integran el ecosistema
 - Geomorfología - Edafología
 - Atmósfera
 - Hidrología Superficial y Subterránea
 - Flora y Fauna
 - Asentamientos Humanos
 - Infraestructura, Equipamientos y Servicios
 - Usos del Suelo
 - Áreas de influencia directa e Indirecta del proyecto
- Determinación del Índice de Sensibilidad y Calidad Ambiental de los indicadores involucrados
- Descripción general de las características de los Componentes Naturales
 - Atmósfera - Suelo - Geología, geomorfología, procesos - Hidrología superficial y subterránea.
 - Flora y fauna
 - Árboles, arbustos, hierbas, cosechas, microflora, plantas acuáticas
 - Aves, animales terrestres (vertebrados-invertebrados), animales acuáticos (todos), insectos, microfauna, organismos bentónicos.
 - En ambos: especies en peligro, barreras, corredores.
 - Áreas naturales
- Características del Ambiente Socio cultural
 - Asentamientos humanos presentes en el área
 - Usos del territorio
 - Zona residencial – Industrial – Comercial
 - Infraestructura
 - Red de Transporte y de Servicios.

- Salud y seguridad.
- Empleo y densidad de población.
- Valores culturales y yacimientos arqueológicos, paleontológicos, geológicos, históricos, antropológicos.
- Ecosistema y relaciones interecológicas
- Paisaje.

Identificación y valoración de impactos sobre los factores analizados

- Matriz de Valoración (ver anexo)

Mitigación de impactos. Medidas preventivas y correctivas

- Para el medio físico
 - Aire - Suelos - Agua
- Para el medio natural
 - Fauna - Flora
- Para el medio humano
 - Recursos Sociales -Recursos Económicos -Recursos Culturales - Paisaje
- Marco Legal
- Bibliografía
- Agradecimientos (si los hubiese)
- Equipo técnico responsable
- Glosario de términos

La presente norma es de carácter orientativa y no exime a los permisionarios de incluir cualquier otro tema que considere deba estar presente para lograr una completa explotación sustentable del recurso

Plan de Gestión Ambiental

Alcances del PGA

El Plan de Gestión Ambiental (PGA) propuesto constituye el conjunto de procedimientos técnicos que son formulados y deberán ser puesto en marcha durante las Etapas de Exploración y Explotación del recurso.

Este Plan se debe realizar teniendo en cuenta los resultados específicos obtenidos en el EIA y estará conformado por los siguientes apartados:

1. Programa de Monitoreo Ambiental (PMA)
2. Informe de Auditoría Ambiental (IAA)

Programa de Monitoreo Ambiental (PMA)

Objetivos del PMA

El Programa de Monitoreo Ambiental deberá incluir medidas y recomendaciones técnicas tendientes a:

- a) Salvaguardar la calidad ambiental en el área de influencia del proyecto,
- b) Garantizar que la implementación del proyecto se lleve a cabo de manera ambientalmente responsable, y
- c) Ejecutar acciones específicas para prevenir y/o corregir los impactos ambientales pronosticados en el EIA.

Enfoque Técnico del PMA

Las medidas planteadas por el PMA serán específicas para el contexto ambiental bajo estudio, apuntando concretamente a evitar, reducir o corregir la intensidad de impactos determinados y proteger los factores ambientalmente sensibles.

Este PMA es único y específico para cada proyecto, ya que está articulado con los resultados obtenidos por el estudio ambiental precedente.

No obstante, y según las circunstancias, se formularán recomendaciones generales para mejorar la práctica constructiva y operativa propuesta. Estas recomendaciones incluyen acciones, procedimientos o rutinas de trabajo que, por sus características generales, no requieren el cumplimiento de la totalidad de los componentes de una medida.

Indicadores de Efectividad.

En todas las medidas se establecerán indicadores que permitan evaluar su grado de efectividad ya sea durante o después de su implementación y dependiendo de que sean continuas o esporádicas. Algunos de estos indicadores pueden coincidir, parcial o totalmente, con las variables a medir en medidas de control o monitoreo. Los indicadores de efectividad estarán expresamente referidos en planillas ad-hoc para facilitar las tareas de fiscalización e inspección por parte de la Autoridad de Aplicación..

El P.M.A. para el pozo termal y obras complementarias

Objetivos específicos del PMA

Obtención, a través del instrumental adecuado de parámetros que permitan definir las condiciones actuales de explotación información que permita la toma de decisiones sobre el manejo y explotación del recurso y preservarlo a través del tiempo.

Monitoreo del pozo, boca de pozo y cañerías:

Disponer en boca de pozo el instrumental conveniente que permita determinar en tiempo real: temperatura, presión y caudal. Se deberá acondicionar la misma para que sea posible la verificación de los niveles estáticos y dinámicos. Ver Figura 2.52.

El caudalímetro sugerido tendrá un puerto para ser conectado a una PC por lo que los volúmenes extraídos quedarán registrados y a disposición de la autoridad de aplicación.

Además se dispondrá de manera conveniente la misma para que al realizar cualquier tipo de operación, por ejemplo un muestreo directo, el efluente termal no tome contacto con el medio.

Piletas y cañerías

Se deberá verificar el estado que presentan las cañerías de conducción del fluido y de las aguas vinculadas a la explotación, como así también de piscinas para baños.

Monitoreo del recurso termal

En la tabla 3.37 se detalla la metodología del monitoreo del pozo termal a desarrollar en un Estudio de Impacto Ambiental.

Tabla 3.37 - Monitoreo del pozo

| Parámetro y ensayos a realizar | Análisis | Categoría | Frecuencia | Metodología |
|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| | | Físico – Químico (Normal) | Mensual | Recolección de muestras en envases adecuados |
| | | Bacteriológico | Anual | Recolección de muestras en envases esterilizados y esterilización del grifo |
| | | Físico – Químico (Completo) Incluye análisis de elementos catiónicos pesados | Bianual | Recolección de muestras en envases adecuados. |
| | Caudal m ³ /h | <u>Registros del caudal</u> de entrada y salida de las piletas – Al menos diariamente. | | |
| | T° C | Al igual que con el caudal se deberá monitorear la temperatura en todas las piletas: entrada y salida y en tres niveles: fondo, medio y superficie | | |

Monitoreo de los factores naturales

Agua

La prevención y control de la contaminación del agua, es fundamental para evitar que se reduzca su disponibilidad y para proteger los ecosistemas involucrados es por eso que se propone el monitoreo de las aguas

Cursos Superficiales: Análisis Físico- Químico y Bacteriológico

Frecuencia: mensual* al menos en 2 puntos:

50,00 mts. y 100,00 mts. Aguas arriba del punto de vertido

50,00 mts. y 100,00 mts. Aguas abajo del punto de vertido

*Hasta que se determine la efectividad de las medidas implantadas. Luego se realizaran en forma más espaciada en el tiempo pero nunca superando los cuatro meses entre muestreo y muestreo

Fuentes Subterráneas: Relevamiento de los pozos de agua potable de la zona mas los existentes dentro del complejo.

Frecuencia: trimestral

Metodología: cuando la cantidad existente de perforaciones que son utilizadas para la extracción de agua para consumo supere el número de 3 (tres) los análisis se llevaran a cabo en forma rotatoria.

Suelos

Análisis físico-químicos

Frecuencia: Al inicio de la explotación y luego de manera anual.

Atmósfera

Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deberán ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad

del aire satisfactoria para los visitantes al complejo y el equilibrio ecológico

Parámetros a ser observados de acuerdo al tipo de actividad que se desarrolla en cada zona del complejo.

Diaphanidad

Calidad.

- Emisión de partículas de polvo
- Emisión de gases

Ruidos

Iluminación nocturna

Flora

Restitución de la flora a medida que se vayan finalizando las diversas etapas.

Fauna

Monitoreo sistemático sobre la fauna que tiene como hábitat el predio y del sitio donde el fluido termal toma contacto con el cuerpo receptor.

Monitoreo de los Factores Culturales

Se llevarán a cabo controles constantes tanto en el Área de Influencia Directa como en la Indirecta; haciendo especial hincapié en:

- Los usos del suelo como territorio
- Los cambios de hábitos en la población
- La salud y seguridad de las personas
- La actividad turística-recreativa
- La economía local y zonal
- La generación de empleos
- La estructura vial
- La provisión de agua potable
- Formas de disposición de los residuos sólidos y semisólidos generados
- Formas de evacuación de efluentes líquidos

AID Área de Influencia Directa. Espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de impactos ambientales es máxima, es decir el suceso es prácticamente cierto. En caso de suceder, la magnitud del impacto ambiental será la máxima posible.

AI Indirecta. Espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de impactos ambientales no es máxima y decrece, en general asintóticamente, con la distancia al sitio donde se genera el impacto. En caso de suceder, la magnitud del impacto ambiental siempre será menor a la máxima posible.

Informe de Auditoría Ambiental

Objetivos del IAA

El IAA se elabora de forma tal de estructurar y organizar el proceso de verificación sistemático, periódico y documentado del grado de cumplimiento de las medidas de mitigación propuestas.

Representa, también, un mecanismo para comunicar los resultados al responsable del emprendimiento y para corregir y/o adecuar los desvíos detectados.

A los efectos de dar cumplimiento de lo expresado en ambos planes se efectuarán controles periódicos (no mayores a seis meses) de las condiciones en las que se

desarrolla la actividad. El informe será elevado con copia a los responsables del emprendimiento y a las autoridades competentes.

Modelo de Auditoria sobre la actividad de explotación de aguas termales y actividades asociadas.

Factores Ambientales

Características físico-químicas

Fluido Termal

- Método de evacuación del fluido excedente
- ¿Se mide y se registra el caudal vertido?
- ¿Tiene tratamiento previo?
- ¿Se determina la salinidad a la entrada y la salida?
- ¿Se realizan otros análisis indicar cuales?
- ¿Cumple con la frecuencia de muestreo?
- ¿Posee gases el fluido? - Características y métodos de registro

Sitio del vertido

Se realizan análisis

Pozo Productivo y Locación

- ¿Esta cercada la boca de pozo? Finalidad
- ¿Existen programas de control del pozo?
- ¿Posee equipo de bombeo? - Características
- ¿Posee instrumentos de supervisión de variables? - *Detalles*
- ¿Existen perdidas en la boca de pozo?
- Tipos de cañerías y filtros - *Detalles*

Líneas de conducción

- Ducto Verificado
- Tipo de cañerías
- ¿Está enterrada?
- ¿Tiene cámaras de registros?
- ¿Esta tendida sobre soportes?
- ¿Tiene protección en cruces de cauces y caminos?
- ¿Hay signos de corrosión?
- ¿Se monitorea la corrosión?
- ¿Esta señalizada la cañería?
- Es eficiente la señalización
- ¿Existe documentación de su tendido?
- ¿Están actualizados los registros de mantenimiento?

Piletas

Número y características de las piletas

¿Se monitorean parámetros dentro de las piletas?

¿Hay sedimento en las piletas?

¿Hay incrustaciones?

- ¿Existe vigilancia médica?
- ¿Se especifican claramente las características y efectos de las aguas termales antes de los baños?
- ¿Existen piletas de peloides (lodos)?
- ¿Qué otros tipos de baños existen?

Aguas vinculadas a la explotación

Fuentes Superficiales – Subterráneas

- ¿Cuál es el tipo de recurso vinculado?
- ¿Se realizan ensayos periódicos? ¿Cuáles? - ¿Con que frecuencia?

Suelos

- ¿Se monitorean los suelos?

Atmósfera

- ¿Existen fuentes contaminantes?
- ¿Se monitorea su calidad?
- ¿Existen fuentes productoras de ruidos y/o vibraciones?
- Ídem de contaminación lumínica; visual

Factores biológicos

- ¿Existen antecedentes que describan la flora y fauna autóctona?
- ¿Están restaurados (o en proceso) el suelo, la flora y la fauna, especialmente las aves?

Procesos

- ¿Son suficientes las medidas de prevención de contaminación del suelo, agua y atmósfera?

Fecha de los últimos análisis

- ¿Existe un plan de monitoreo?

Factores culturales

- Usos del territorio
- Espacios abiertos y naturales
- Recreativos
- Estéticos y de interés Humanos
- ¿Existen otras actividades que puedan afectar al medio?

Servicios e infraestructura

Descripción de las instalaciones complementarias

Baños – Vestuarios - Demás servicios

- Estructuras
- Red de transporte de pasajeros
- Red de servicios
 - Provisión de agua dulce
 - Provisión de energía eléctrica
 - ¿Se utiliza otro tipo de energía especificar?
 - Provisión de gas
 - Telefonía
 - Alimentación
- Formas de disposición de residuos sólidos

- Formas de evacuación de efluentes líquidos
- Vías de acceso y caminos interiores

Relaciones ecológicas

- Salinización de recursos de aguas
- Aparición de nuevos vectores - Insectos-enfermedades
- Eutrofización

Modelo de Protocolo de análisis físico, químicos y microbiológicos. Para la explotación de aguas termominerales, y otras fuentes vinculadas con la explotación del recurso (aguas subterráneas y cursos superficiales)

Tipos de Análisis y parámetros analizados.

En esta sección se incluye el tipo y contenido de los análisis que deben realizarse. Los informes presentados deberán ir acompañados de la descripción del método utilizado en los ensayos, los valores de referencia y unidades empleadas (unificadas en mg/l).

Protocolo N°

- Solicitante:
- Fuente y Fecha de extracción:
- Descripción de los recipientes donde es entregada la muestra
- Muestra Entregada por: Fecha:
- Muestra Recibida por:
- Fecha de salida:

a. Mínimo

Incluye la determinación de los siguientes parámetros:

- pH
- Aspecto
- Cloruros – (Cl^-) (mg/l)
- Sulfatos – ($\text{SO}_4^{=}$) (mg/l)
- Carbonatos – ($\text{CO}_3^{=}$) (mg/l)
- Nitratos – (NO_3^-) (mg/l)
- Nitritos – (NO_2^-) (mg/l)
- Conductividad a 25° C mho.cm^{-1}
- Sólidos Totales por evaporación a 105° C (mg/l)

b. Normal

Además de los parámetros contenidos en el análisis mínimo, comprende las determinaciones de:

- Color - Sedimento - Turbiedad
- Amoníaco (NO_4^+) (mg/l)
- Alcalinidad Total (CO_3Ca) (mg/l)
- Dureza Total (CO_3Ca) (mg/l)
- Calcio (Ca) (mg/l)
- Magnesio (Mg) (mg/l)
- Hierro Total (Fe^{+3}) (mg/l)

c. Completo

Deberá incluir, junto con las determinaciones contenidas en los análisis mínimo y normal, la de todos los parámetros que se especifican a continuación: Examen Físico

- Olor

Examen químico

- Componentes aniónicos, sales y elementos no metálicos

- Bicarbonatos
- Fosfatos

- Componentes catiónicos

Arsénico (As)-Cadmio (Cd)-Cobre (Cu)-Cromo (Cr)-Manganeso (Mn)-Plata (Ag)-Plomo (Pb)-Potasio (K)-Sílice (Si)-Sodio (Na)-Zinc (Zn)-Boro (B)

Otros

- DBO – solo para aguas superficiales
- O₂ disuelto
- Presencia de Gases

Examen microbiológico

- Bacterias aeróbicas
- Bacterias coliformes
 - Coliformes Totales
 - Coliformes Fecales
- Pseudomona aeruginosa

d. Ocasional

Análisis completo que se realiza en situaciones particulares o accidentales.

e. Inicial

Análisis completo que se realiza antes de la explotación de un recurso hídrico

Modelo de Protocolo de Análisis para Suelos no disturbados

- pH- HCO₃Ca) - SO₄ - Acidez Intercambiable - Materia Orgánica - Nitrógeno total – N amoniacal – nitratos - Fósforo asimilable - Calcio intercambiable - Magnesio Intercambiable - Potasio intercambiable - Azufre asimilable – Hierro – Cobre – Manganeso – Zinc – Boro – Na - Bacterias nitrificantes – Algas - Hongos- Microartrópodos - Enzimas

Análisis de Suelo (Físicos, suelo disturbado)

- Textura – Densidad - Humedad (% de saturación).

Plan de Información Pública

Metzler (2010), en su informe, explica la relevancia de la comunicación externa, dado que, es conveniente informar a las partes interesadas de la situación ambiental presente y de las propuestas de mitigación, como también de los logros ambientales obtenidos. De esta forma se demuestra el compromiso con el medio ambiente, lo cual, genera confianza en el desarrollo del proyecto termal, con los vecinos, el gobierno, las organizaciones ambientalistas y los consumidores.

Siendo la evaluación de impacto ambiental un proceso público, sus resultados serán comunicados a todas las partes interesadas. Esta comunicación tiene por objetivo transmitir informaciones técnicas multidisciplinarias a un público variado y con intereses específicos distintos, además de esto, también busca convencer a las partes interesadas acerca de la viabilidad de la actividad proyectada.

Típicamente el estudio de Impacto Ambiental (I.A.) como principal documento del proceso de evaluación ambiental, busca comunicar:

- Las intenciones y localización de los componentes del proyecto
- Los objetivos y justificación de la adopción y ejecución de las obras.
- Las características técnicas y sus alternativas
- Atributos o condiciones ambientales del área que podrán ser afectadas
- Impactos que la obra provocará
- Medidas que puedan ser tomadas para evitar, reducir o compensar los impactos negativos

Más allá de Informe de I. A., documentos obligatorios, esa información puede ser transmitida en diferentes soportes, incluyendo folletos informativos, video, CD ROMs y “sitios” en internet, puede ser transmitidas también en forma oral en reuniones y audiencias públicas.

Tratamiento de las aguas termominerales

Como aporte final a los resultados ambientales se enuncia el tratamiento que recibe el recurso termal en los diferentes centros, los sistemas hídricos locales y las cuencas receptoras de los efluentes (Figura 3.49) tomadas del SIGHIER (2003) conocimientos estos que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de realizar la evaluación de la factibilidad del proyecto.

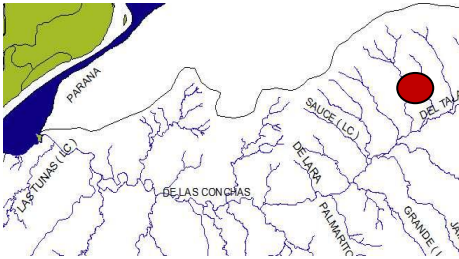
Los encuadrados dentro del área 1 (Figura 3.28) y que fueron catalogados como “dulces” son derivados directamente sin ningún tipo de tratamiento hacia el lago producido por el embalse de la central hidroeléctrica de Salto Grande.

Los del área 2 a y b (Figura 3.31) debido a su composición química tienen que ser diluidos en cámaras especialmente diseñadas, con agua proveniente de pozos mas someros antes de que lleguen al cuerpo receptor final que para los del primer sector es el río Uruguay y para los del segundo el río Gualaguaychú.

Finalmente a las aguas alumbradas dentro del área 3 (Figura 3.34) se les realiza un tratamiento similar al anterior aunque con algunas variantes; en La Paz, Diamante y Victoria son mezclados con los efluentes cloacales de las ciudades homónimas antes de llegar al río Paraná, en Villaguay, Basavilbaso y Villa Elisa se utiliza al igual que para los pozos del área 2 agua dulce proveniente de fuentes subterráneas suprabasálticas para luego ser derivadas a cursos superficiales de importante caudal como lo es el río Gualaguay para los dos primeros y el río Gualaguaychú en el caso del tercer centro termal mencionado. (Mársico 2010).

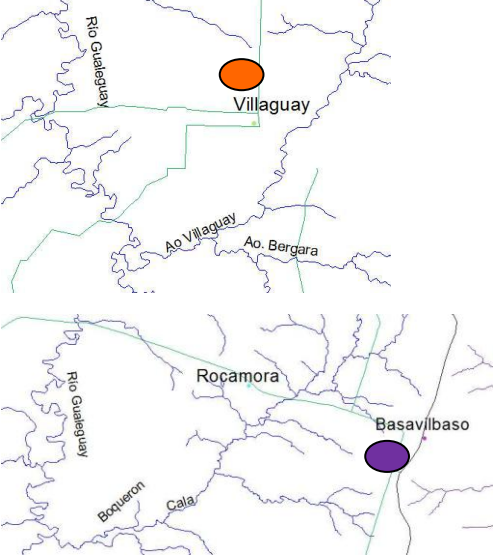
Con vertido directo al Río Paraná

- Termas de La Paz
- Termas de Diamante
- Cuenca del Arroyo Las Conchas
- Termas de María Grande



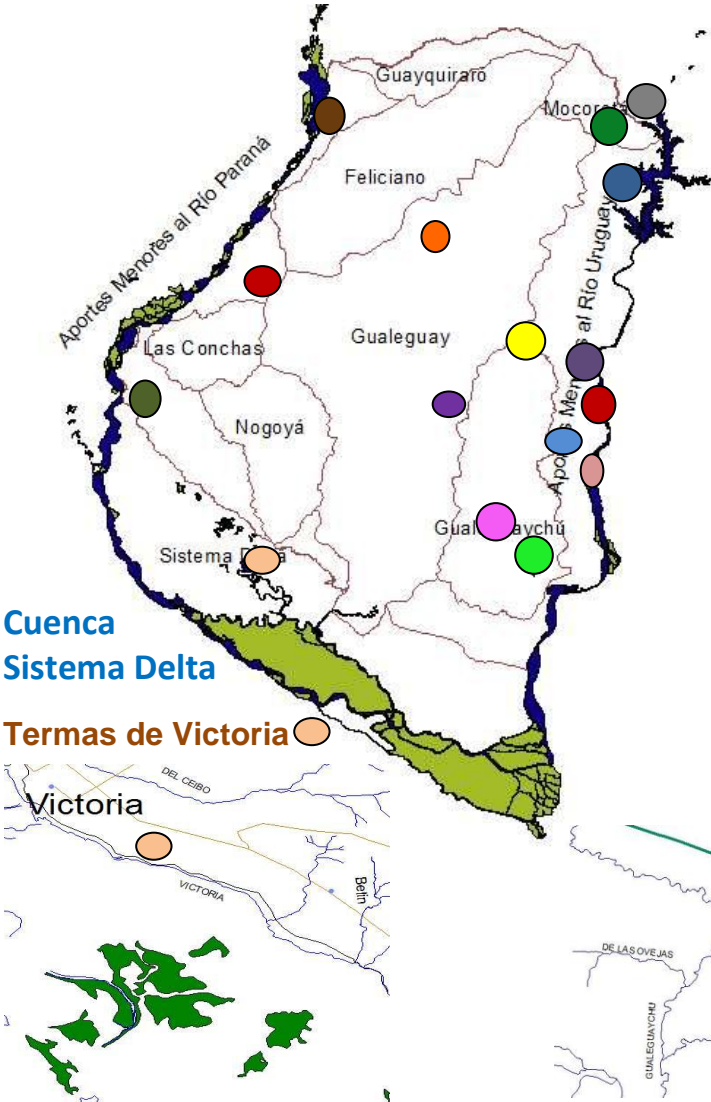
Cuenca del Río Gualeguay

- Termas de Villaguay
- Termas de Basavilbaso



Cuencas Hidrográficas y Centro Termales

Figura 3.49

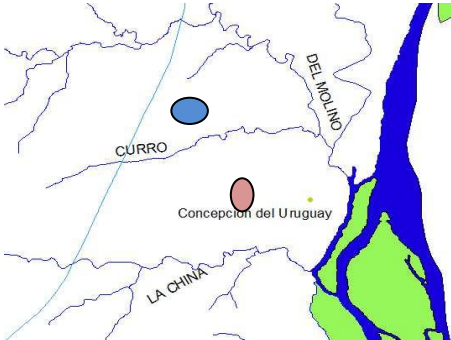


Con vertido directo al río Uruguay

- Termas de Chajarí (Embalse)
- Termas de Federación (Embalse)
- Termas de Concordia (Embalse) (3)
- Termas de San José
- Termas de Colón

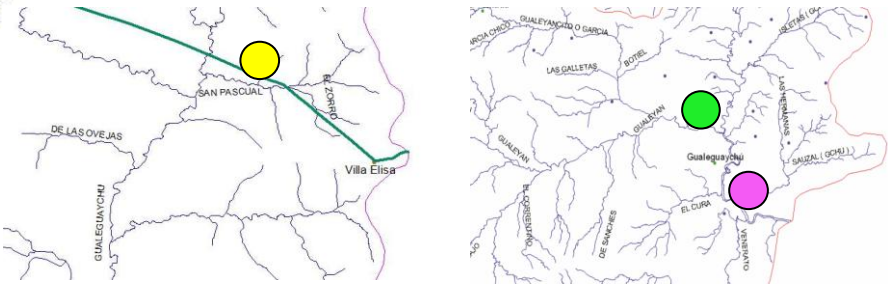
Cuenca Aportes Menores al Río Uruguay

- Termas Concepción
- Termas Aguas Claras



Cuenca del Río Gualeguaychú

- Termas del Gualeguaychú
- Termas del Guaychú
- Termas de Villa Elisa



Diversificación en el uso del recurso

Teniendo en cuenta la diversidad en la mineralización y temperatura que existe en los efluentes termales alumbrados y basado en la experiencia de campo referente al uso y preservación del recurso y su ambiente natural se considera conveniente incluir un último apartado donde se oriente sobre las posibles aplicaciones alternativas de las aguas termales provinciales; condicionando esto a la baja entalpía que presentan, ya que ningún centro termal extrae aguas que superen los 50 °C. A modo ilustrativo se adjunta la figura 3.50 donde se señalan algunas prácticas que es posible darle a un fluido geotérmico.

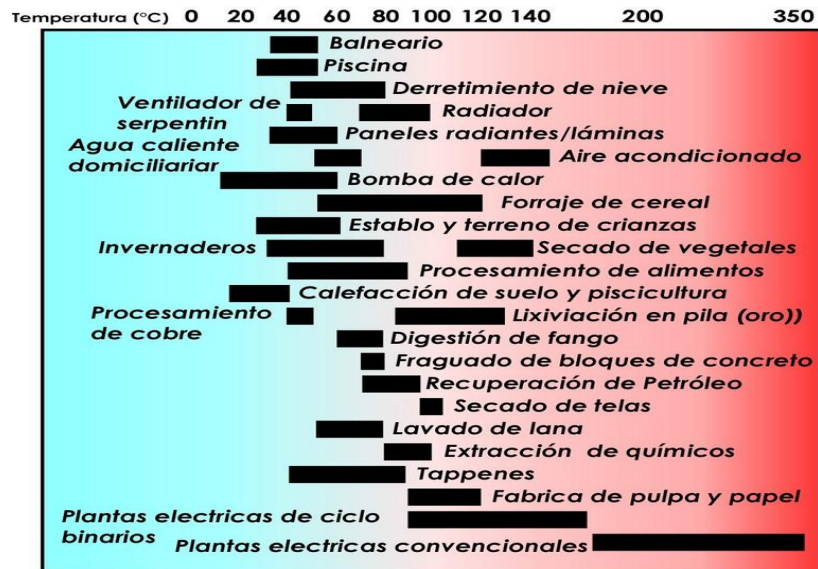


Figura 3.50 Diagrama de Lindal, (1973) que muestra la utilización de los fluidos geotérmicos.

Aún a sabiendas de esta limitación es posible plantear una serie de aplicaciones para las aguas termales entrerrianas.

Como una primera propuesta y teniendo en cuenta que actualmente el termalismo se refiere mas a una orientación de ocio ó esparcimiento sería conveniente que se propicie desde los centros termales el termalismo salud y el de bienestar a través de algunas aplicaciones como la:

- Ducha Jet: que consiste en un masaje con chorro de alta presión por todo el sistema locomotor.
- Ducha Vichy: Masaje combinado bajo el agua minero-medicinal.
- Cura hidropónica: Ingestión oral de agua minero-medicinal a un tiempo y ritmo determinados por el médico con efectos terapéuticos.
- Inhalaciones: Inhalaciones de aguas minerales mediante aparatos (aerosoles) que producen su vaporización.
- Maniluvios y pediluvios: Baños de manos y pies.
- Masaje manual: Terapia refleja del tejido celular subcutáneo, descontracturante, miorelajante, analgésico. (Fuente ERRTER 2008. Modificado)

Como medida complementaria al uso tradicional sería conveniente que se propicie el termalismo de obras sociales ya que de esta manera se estaría ampliando el espectro de visitantes al producto termal.

Dentro de los usos alternativos concretos que es posible darle al efluente termal que se alumbra en la provincia es posible mencionar:

- Acuicultura
 - Cría de langostas de agua dulce ,
 - Criadero de ranas
 - Piscicultura y acuarios
- Cosmeatria y cosmetología
- Envasado para consumo humano
- Extracción de sales para el ganado
- Calefaccionamiento de invernaderos
- Calefaccionamiento y provisión de agua caliente para hogares
- Calefaccionamiento de criaderos de aves
- Horticultura y floricultura

No hay que dejar de reconocer que todas las propuestas enunciadas conllevan una inversión económica importante por lo que se tendría que propiciar desde el estado nacional, provincial o municipal la manera de facilitarle los medios como podrían ser créditos a largo plazo y baja tasa de interés, deducción de impuestos para aquellos emprendimientos que se encuentre interesados en desarrollar algunos de los proyectos mencionados

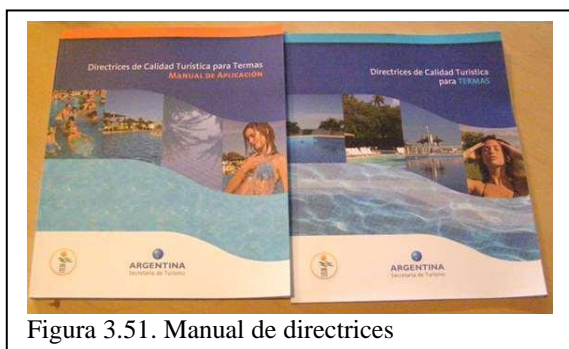


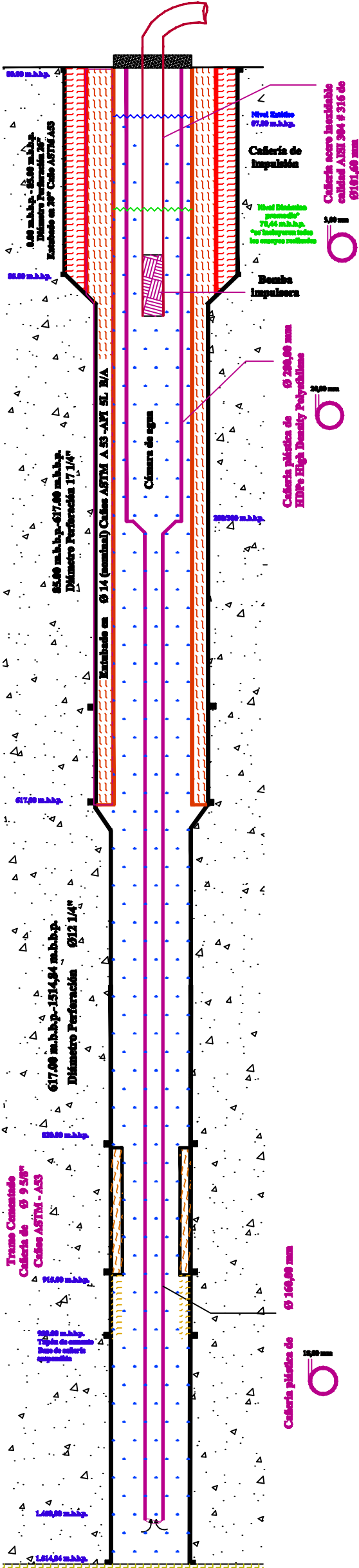
Figura 3.51. Manual de directrices

Es conveniente recalcar que también una manera de hacer sostenible una actividad consiste en ajustar la misma a las normativas legales provinciales y nacionales vigentes ya que estas apuntan a mejorar la calidad del servicio dentro de los complejos; para ello desde el gobierno nacional más específicamente de la Secretaría de Turismo de la Nación se han publicado las Directrices de Calidad Turística para Termas. (Figura 3.51)

Finalmente solo queda expresar que la provincia de Entre Ríos debido a la promulgación de las leyes 9678 y 9714 (ver anexo) es la única provincia de la República Argentina que cuenta con una legislación específica en la materia garantizando de esta manera el aprovechamiento sostenible de las aguas termominerales. (Ver anexo).

ANEXO AMBIENTAL

Pozo de explotación Santa Rosa de Calchines 1



Perforación Santa Rosa de Calchines 1 (A.SF.StaRsa.Xp1)

Coordenadas: Hídrometro/Toma de Santa Rosa
Perforación: S.F. Sta.Rosa 1
Objeto: Exploración: Puntos Tumbal

Localidad: Lat = 31° 27' 0" S
Long = 69° 23' 30" O
Alt = 16,15 m.s.n.m.

Departamento:
Provincia: Santa Fe
País: Argentina

| Infografía sobre las muestras recolectadas | Columna Estratigráfica Propuesta | Descripción Litológica | Descripción general de las formaciones geológicas |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sección suprabasáltica | | Sedimentos limo-arcillosos, limo arenosos y arenosos. En la zona de la perforación estos sedimentos se disponen formando pequeñas dunas de arenas finas, limosas. Lomas y limos pampeanos. Arcillas pardas y verdosas, en partes calcáreas. Arenas amarillentas con presencia de una fracción sábulu, esta fracción granulométrica varicolor y compuesta >ritarica// por Qz. La fracción pumilica presenta una granulometría mediana a gruesa. El Qz es el componente principal, translúcido. Intervalo de arcillas de color verde suave poco arenosas, poco limosas, a veces con niveles mas arenosos, conserva bien la humedad. La fracción limosa aparece siempre subordinada y compuesta por Qz incoloro y translúcido. Cambia de coloración hacia la base pero conserva las características de los niveles superiores. Fragmentos de Qz tamaño sábulu La selección es de buena a moderada. Arcilla limosa muy poco arenosa, castaña rojiza a rojiza muy plástica, 100% V.T.M.- | Depositos clásticos Infraestructura Grupo Pampeano Arenas amarillentas y limosas de color rojo o castaño, con intercalaciones de arcillas finas y muy finas constituyendo material yodífero y carbonífero refinado. Tienen sedimentos representados leguleños marinos locales, depósitos limosos y arcillosos, y arena oscura. - Facies 1/2 a 1 |
| 10,00 m.b.h.p. Arenas amarillentas compuestas finas/ por Qz cristalin 99 % V.T.M. miltos y limos 1 % V.T.M. . Mala selección | 5,00 m.b.h.p. | | |
| 56,00/64,00 m.b.h.p. Arenas de coloración mas clara.Moderada/ seleccionada. Arcilla arenas poco limosa de coloración verdosa. Fertilmente diagénica.- | 20,00 m.b.h.p. | | |
| 64,00/86,00 m.b.h.p. Fondo "limoso verde a rojo" cambio en el color de los sedimentos pelíticos y pumilinos de verde azulado pasan a castaños rojizos | 64,00 m.b.h.p. | | |
| 106,00 m.b.h.p. Arcillas blanquecinas y castaños claros 100 % V.T.M. | | | |
| 122,00 m.b.h.p. Arcillas castaños que sirven de costra a una fracción limosa.- | | | |
| 134,00 m.b.h.p. Arcillas similares a las niveles superiores pero desaparece la fracción limosa | | | |
| 154,00-156,00 m.b.h.p. Intervalo con cambio litológico, transición de una arcilla castaña a pumilinos amarillentos con Qz como mineral principal | | | |
| 196,00 m.b.h.p. Arcillas castaños muy poco limosas, con presencia de carbonitos. Curvas de plasticidad.- | | | |
| 234,00/236,00 m.b.h.p. Arenas poco arcillosas. Buena reacción con el HCL. | 120,00 m.b.h.p. | | |
| 242,00/244,00 m.b.h.p. Arenas y arcillas castaños (limosa?) | | | |
| 250,00/252,00 m.b.h.p. Intervalo similar al anterior pero con un cambio en la coloración | | | |
| 320,00 m.b.h.p. Arcillas castaños con material carbonífero diluido. Textura terrosa . | | | |
| 346,00 m.b.h.p. Arcillas arenosas poco limosas, castaños.- | | | |
| 470,00 m.b.h.p. Arenas castaños rojizas con arcillas de igual coloración.- | | | |
| 556,00 m.b.h.p. Litología de características similares pero con mayor presencia de arcillas y material carbonífero. El Qz es el componente principal y aparecen algunos miltos.- | | | |
| Sección basáltica | | Límite sin discontinuidad Arenas de color rojizo poco consolidadas, granulometría media a fina, la forma de los clastos es sub rd. Presencia de arcillas de coloración rojiza.- | |
| 736,00 m.b.h.p. Fragmentos de basaltos pardo rojizos y arcillas castaños rojizas producto de la alteración de los basaltos. | 504,00 m.b.h.p. | Arcillas castaños rojizas con fragmentos de basaltos pardo rojizos muy alterados. Rocas afínicas de origen volcánico de color gris claro a gris oscuro y muy consolidadas. Los basaltos están compuestos por plagioclasa, clinopiroxenos (magnetita, hematita, ilmenita) algunos fragmentos son striados por el iman.- | |
| 840,00 m.b.h.p. Fragmentos de basaltos gris medio a gris claro textura afínica | 602,00 m.b.h.p. | | |
| 1000,00 m.b.h.p. Ídem niveles anteriores, no presentan signos de alteración. | | | |
| 1000,00 m.b.h.p. Basaltos compactos gris oscuro | | | |
| 504,00 - 602,00 m.b.h.p. zona de basaltos alterados | | | |
| 604,00 - 616,00 m.b.h.p. basaltos compactos gris oscuro a gris medio | | | |
| 618,00 - 630,00 m.b.h.p. Ídem niveles superiores.- | | | |
| 632,00-660,00 m.b.h.p. Rocas volcánicas básicas de naturaleza talchilina | | | |
| 662,00-700,00 m.b.h.p. Basaltos con características similares a los niveles suprayacentes | | | |
| 702,00-712,00 m.b.h.p. Intercalaciones de basaltos alterados y compactos | | | |
| 720,00-740,00 m.b.h.p. Basaltos alterados y arcillas castaños rojizas | | | |
| 742,00-764,00 m.b.h.p. Basaltos compactos | | | |
| 766,00-800,00 m.b.h.p. Ídem.- | | | |
| 900,00-1016,00 m.b.h.p. Basaltos grises y algunos pardo rojizos; fragmentos presentan equedades.- | | | |
| 1018,00-1130,00 m.b.h.p. Basaltos compactos | | | |
| 1140,00-1150,00 m.b.h.p. Basaltos con arcillas y pumilinos interestratificados | | | |
| 1160,00-1180,00 m.b.h.p. Basaltos talchilinos muy compactos | | | |
| 1182,00-1206,00 m.b.h.p. Basaltos compactos | | | |
| 1208,00-1262,00 m.b.h.p. En la base de los basaltos vuelven a aparecer intercalaciones de rocas sedimentarias pelíticas de considerable dureza | | | |
| Sección infrabasáltica | | Minerales verdosos (cloritas -ceolita?) Clastos de Qz de una selección regular, translúcidos, blancos y grises, tamaño arena mediana a sábulu | |
| 1400,00 m.b.h.p. Pumilinos castaños oscuros. Las arenas son bien seleccionadas grano fino, grueso de Qz sub rd. y rd. muy poco miltos.- | 1262,00 m.b.h.p. | Arcillas arenosas | |
| Interestratificaciónes a lo largo de todo el nivel perforado de pumilinos y pelitas de coloración castaños. Por los tiempos de perforación dichas intercalaciones se hacen evidente entre los 1400 y los 1510 m.b.h.p. | | Arenas castaños y castaños rojizas | |
| | | Arcillas arenosas | |
| | | Arcillas castaños rojizas sumamente tenaces | |
| | | Arcillas arenosas | |
| | | Arenas bien seleccionadas grano fino a muy fino. Granos de Qz transparentes y varicolores; algunos presentan tinción por OFe. | |
| | 1514,84 m.b.h.p. | | |
| Espesores totales Rocas sedimentarias = 854,84 metros Basaltos = 660,00 metros Metros totales perforados = 1514,84 metros | | | |
| Litologías perforadas | | | |
| Profundidad | Litología | Espesor | |
| 0/602 m.b.h.p. | Ra sedimentarias | 602,00 metros | |
| 602/1262 m.b.h.p. | Basalto | 660,00 metros | |
| 1262/ 1514,84 m.b.h.p. | Ra. Sedimentarias | 252,84 metros | |
| Los colores y la simbología utilizada es a los fines ilustrativos.- Fuera de escala- Preparado por Daniel Marsico | | | |

Corte 1

- Monte Caseros (Corrientes)
- Chajarí
- Santa Ana
- Federación
- Concordia 3
- Ubajay
- San José
- Colón
- Concepción del Uruguay 2
- Gualaguaychú 2

Corte 2

- San Jaime de la Frontera
- Federal
- Villaguay
- Basavilbaso
- Gualaguay

PERFILES LONGITUDINALES

Corte 4

- Villa Urquiza
- Victoria

Corte 5

- Santa Rosa de Calchines (Santa Fe)
- Paraná
- Diamante
- Campo Timbó (Santa Fe)

Corte 3

- La Paz
- María Grande
- Nogoyá
- Victoria



PERFILES TRANSVERSALES

Corte 1

- Chajarí
- Federal
- La Paz

Corte 3

- Ubajay
- Villaguay
- María Grande
- Paraná

Corte 2

- Hotel Horacio Quiroga (Salto - ROU)
- Concordia 3
- Santa Rosa de Calchines (S. Fe)

Corte 4

- San José
- Villa Elisa
- Diamante

Corte 5

- Paso Uleste (Young - ROU)
- C del Uruguay 2
- C. del Uruguay 1
- Basavilbaso
- Pueblito (Nogoyá)
- Diamante

Corte 6

- Paso Uleste (Young - ROU)
- Gualeduaychú 2
- Gualeduaychú 1
- Gualeduay
- Campo Timbó (S. Fe)



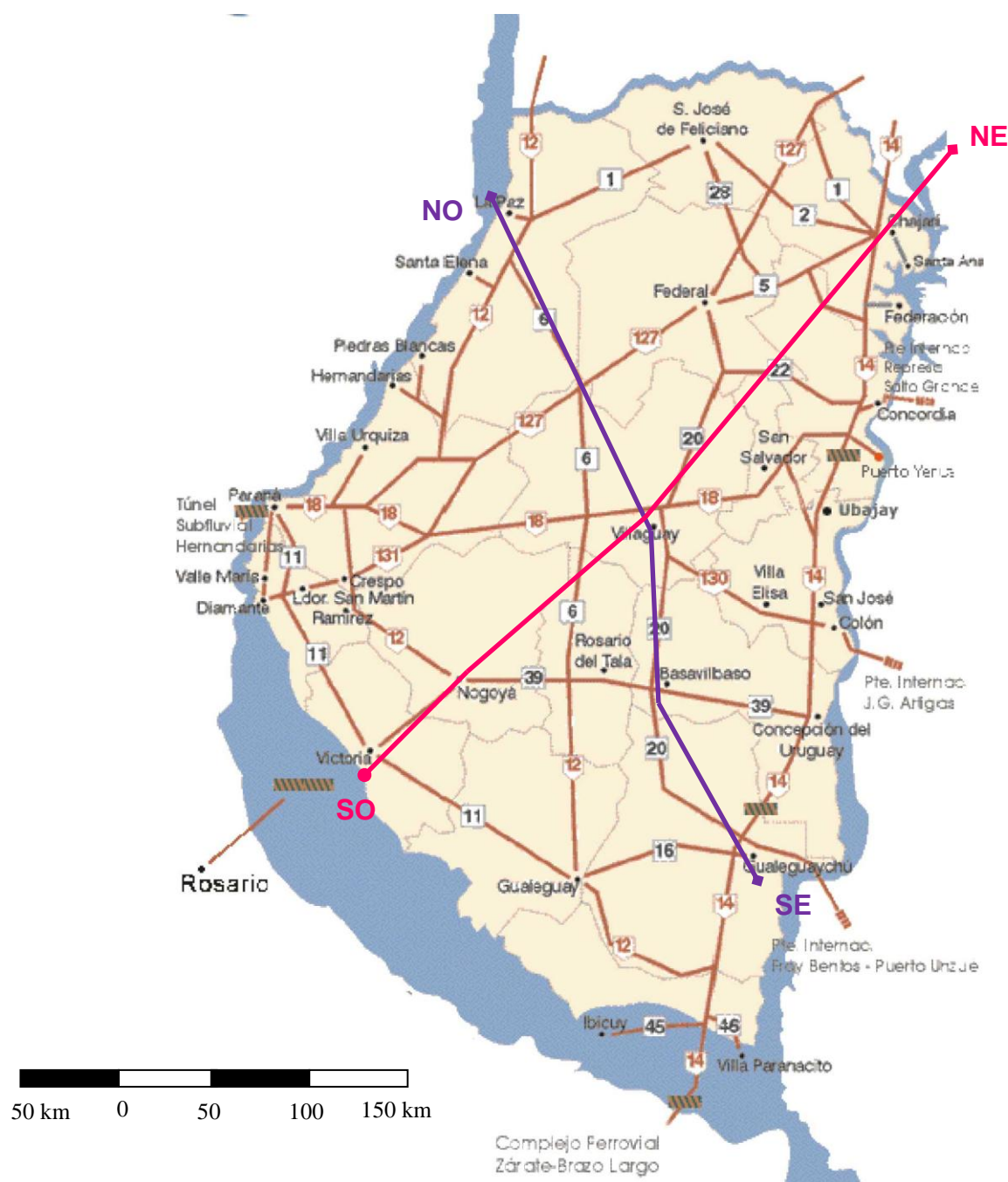
NO – SE

- La Paz
- Villaguay
- Basavilbaso
- Gualeguaychú 1
- Gualeguaychú 2

NE – SO

- Chajarí
- Villaguay
- Nogoyá
- Victoria

PERFILES NO/SE – NE/SO



Corte longitudinal 1. Monte Caseros - Gualeguaychú



- Leyenda**
- Sedimentos suprabasálticos
 - Coladas basálticas
 - Sedimentos intrabasálticos
 - Sedimentos infrabasálticos SAG
 - Sedimentos infrabasálticos Pre SAG
 - Basamento cristalino

m.s.n.m. metros sobre el nivel del mar

m.b.b.p. metros bajo boca de pozo

S.E.V. 52 Sondeo eléctrico vertical - Cota

452 Techo / Base Basaltos

1011

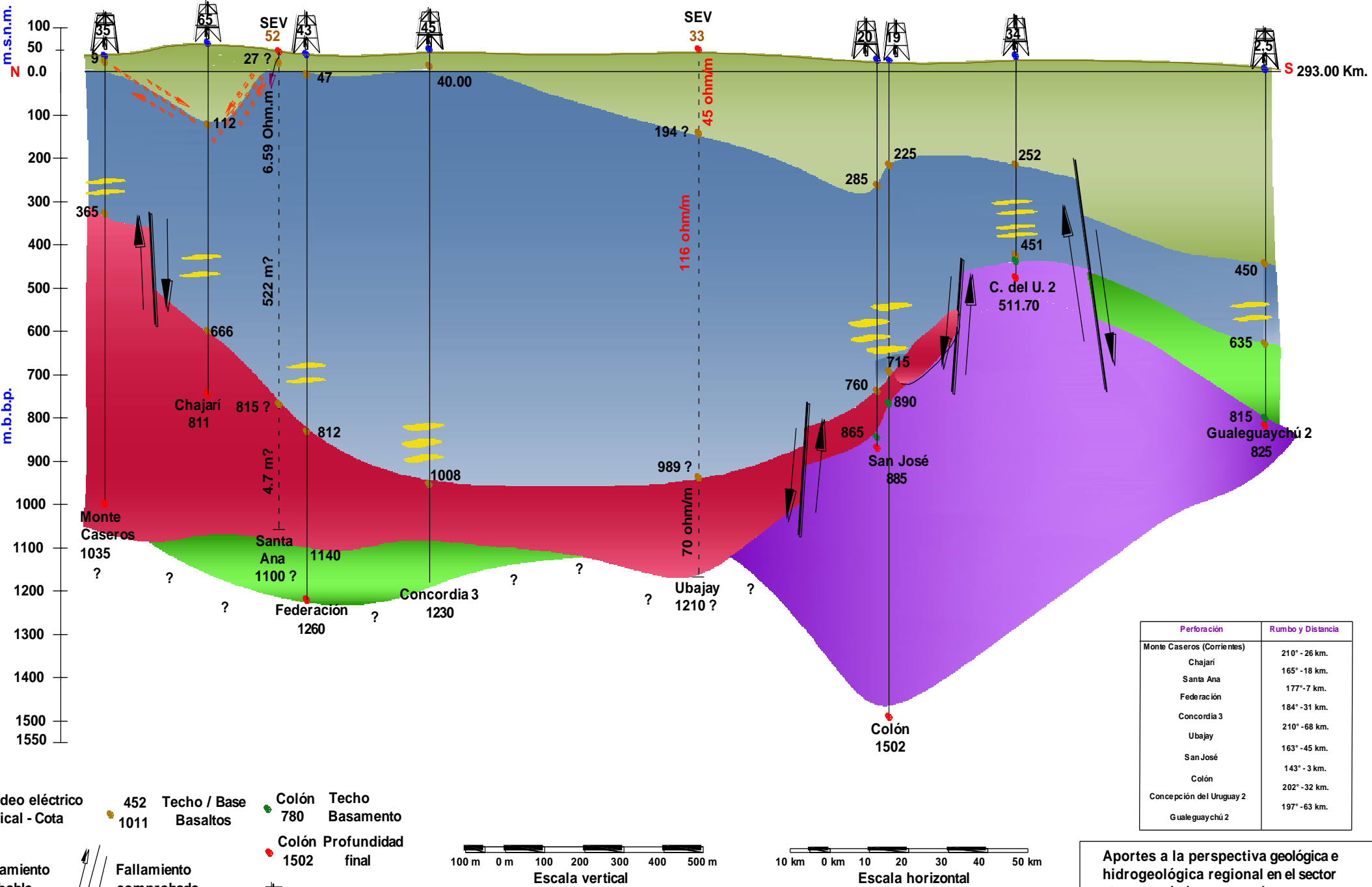
Colón 780 Techo Basamento

Colón Profundidad 1502 final

55 Perforación y cota

Fallamiento probable

Fallamiento comprobado

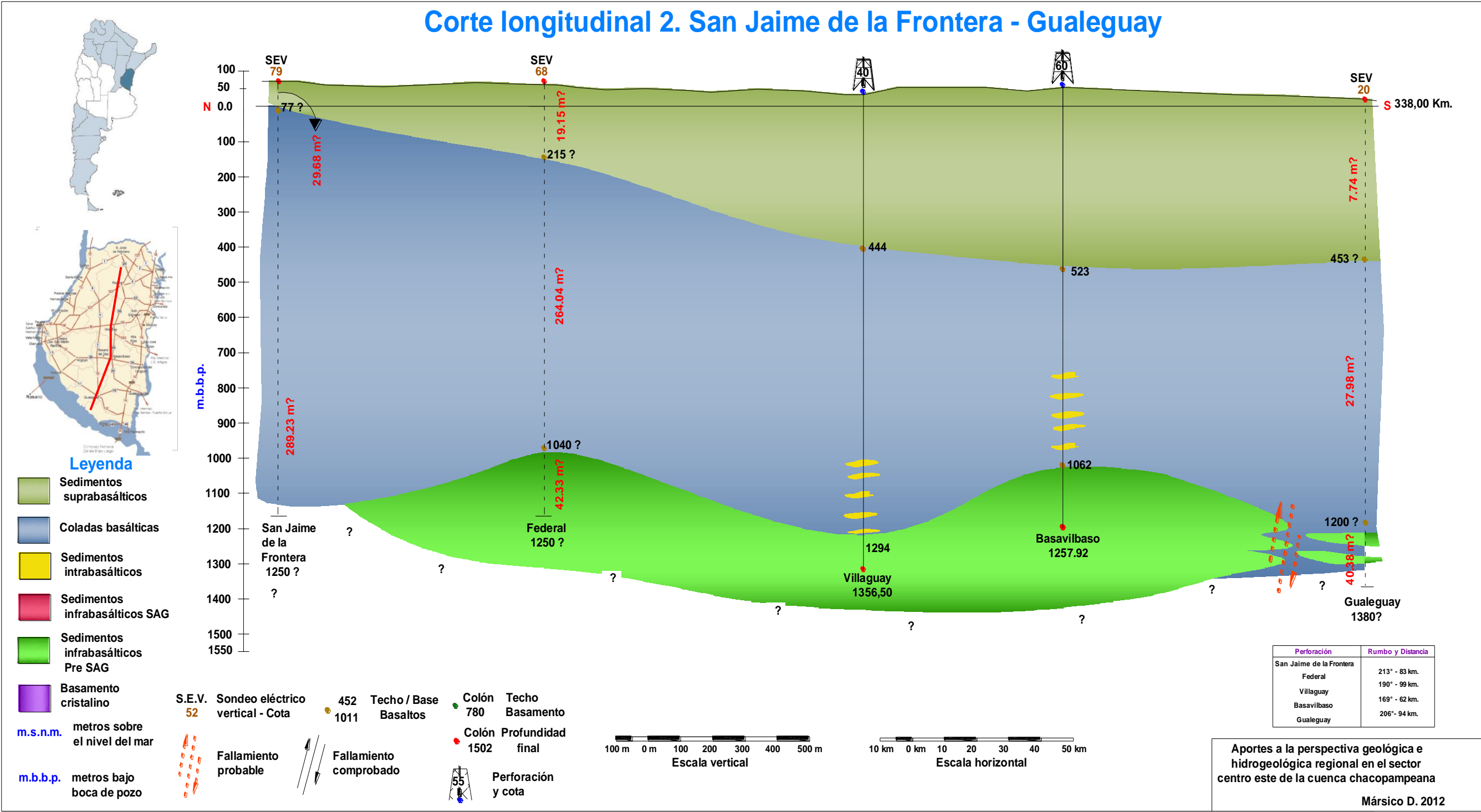


| Perforación | Rumbo y Distancia |
|----------------------------|-------------------|
| Monte Caseros (Corrientes) | 210° - 26 km. |
| Chajari | 165° - 18 km. |
| Santa Ana | 177° - 7 km. |
| Federación | 184° - 31 km. |
| Concordia 3 | 210° - 68 km. |
| Ubayay | 210° - 68 km. |
| San José | 163° - 45 km. |
| Colón | 143° - 3 km. |
| Concepción del Uruguay 2 | 202° - 32 km. |
| Gualeguaychú 2 | 197° - 63 km. |

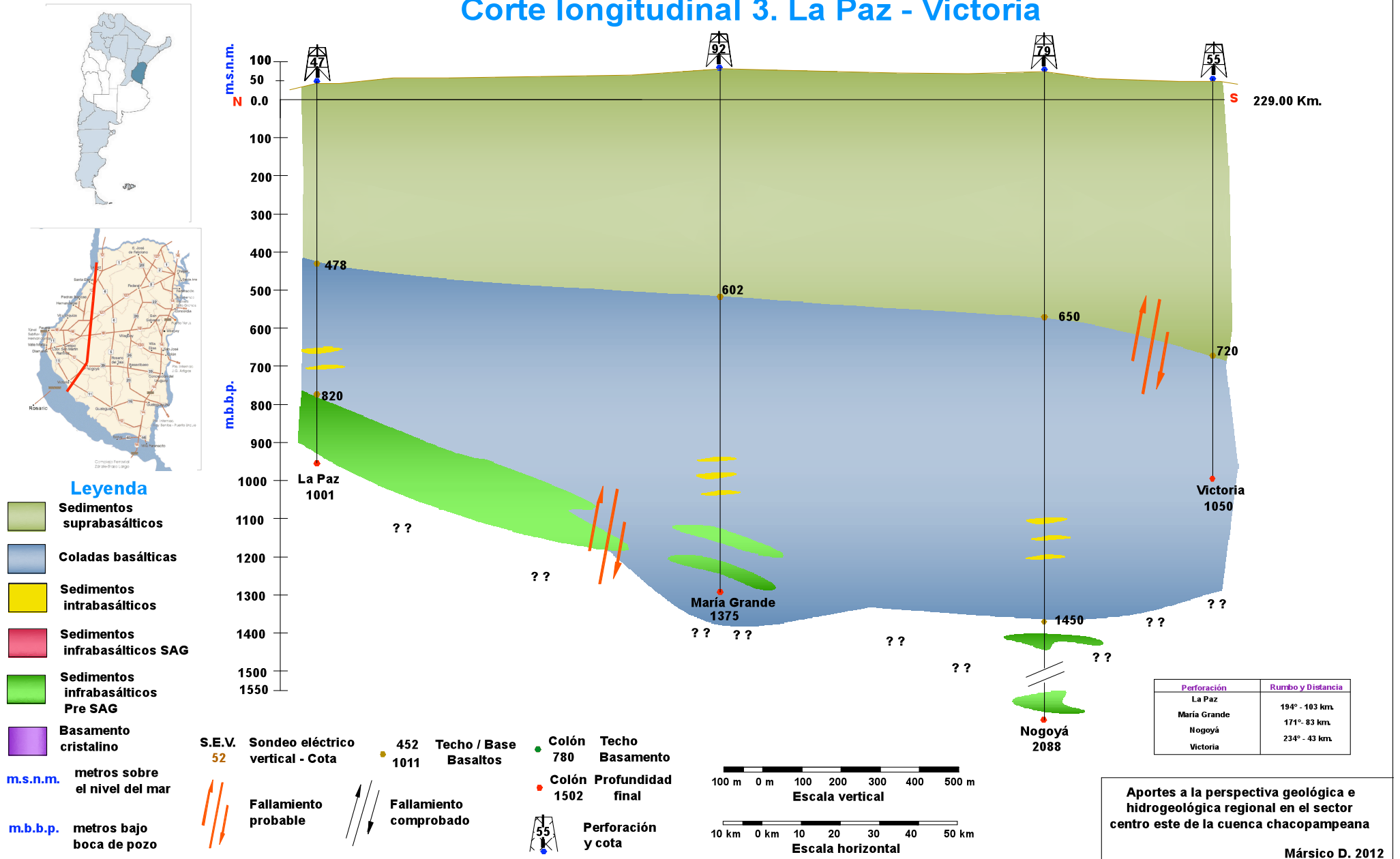
Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro este de la cuenca chacopampeana

Mársico D. 2012

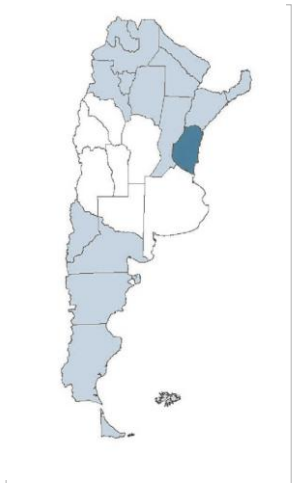
Corte longitudinal 2. San Jaime de la Frontera - Gualeguay



Corte longitudinal 3. La Paz - Victoria



Corte longitudinal 4. Villa Urquiza / Victoria



Leyenda

- Sedimentos suprabasálticos
- Coladas basálticas
- Sedimentos intrabasálticos
- Sedimentos infrabasálticos SAG
- Sedimentos infrabasálticos Pre SAG
- Basamento cristalino

m.s.n.m. metros sobre el nivel del mar
m.b.b.p. metros bajo boca de pozo

S.E.V. 52 Sondeo eléctrico vertical - Cota

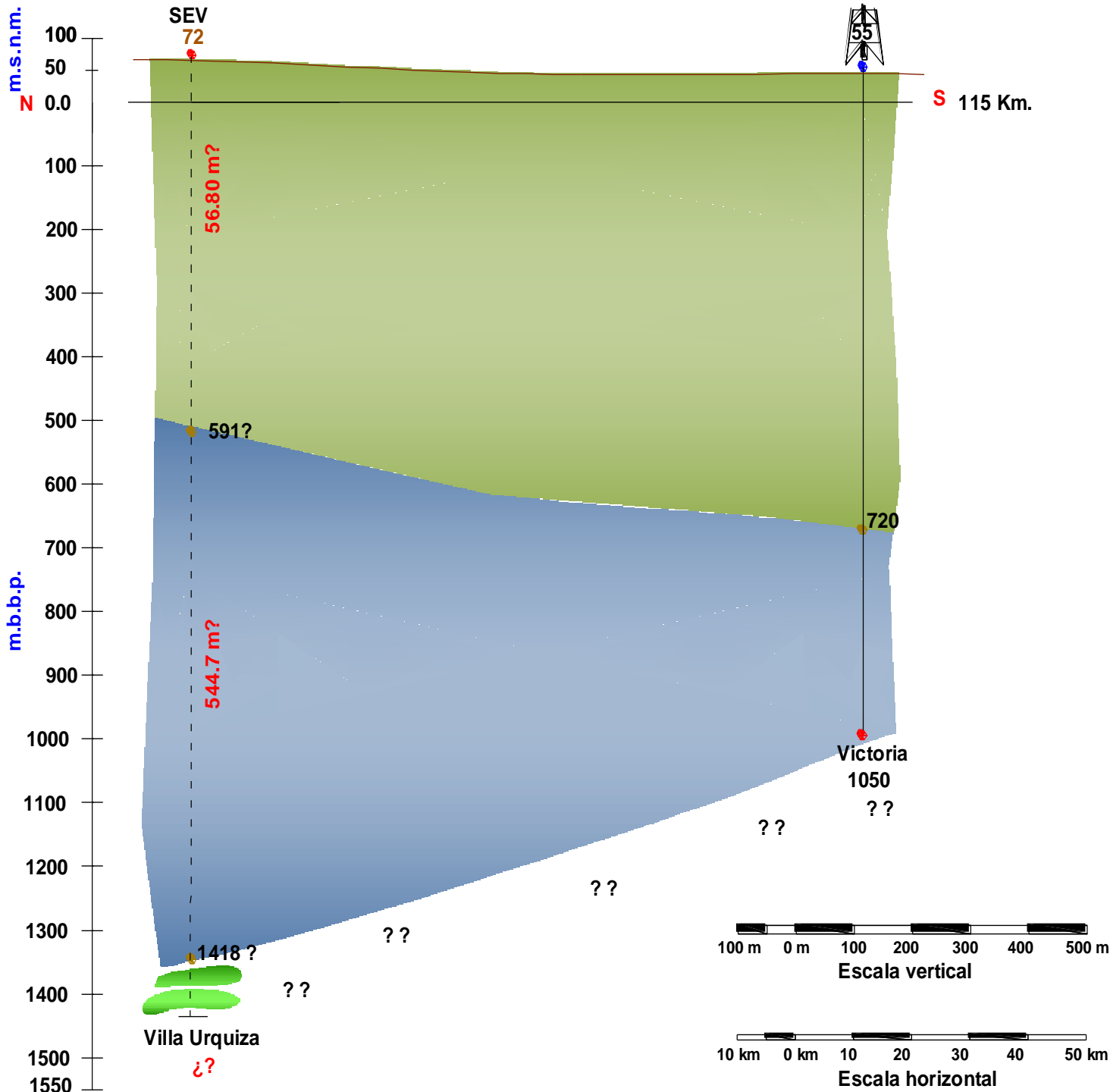
Fallamiento probable

452 1011 Techo / Base Basaltos

Fallamiento comprobado

Colón 780 Techo Basamento
Colón 1502 Profundidad final

Perforación y cota



100 m 0 m 100 200 300 400 500 m
Escala vertical

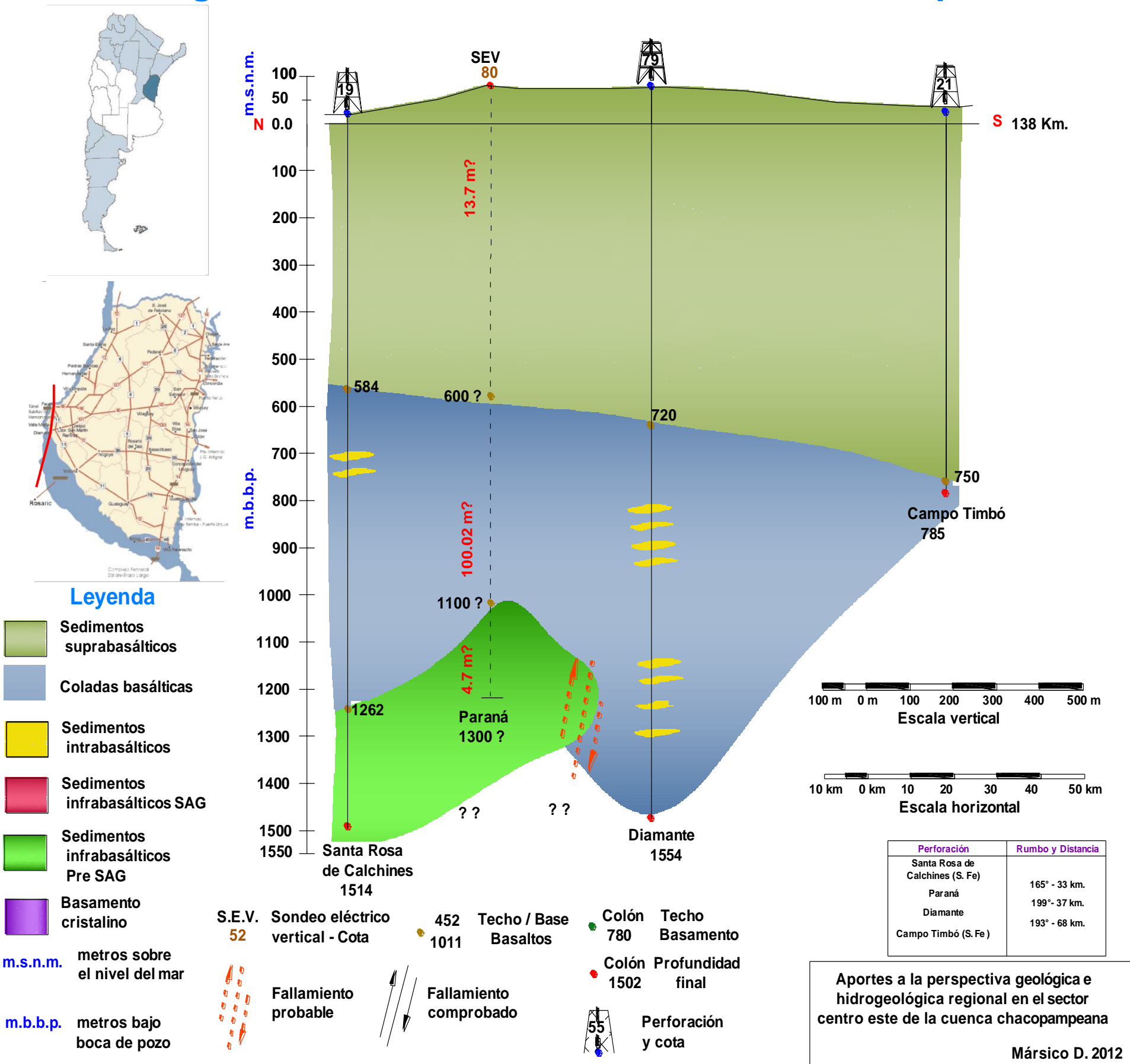
10 km 0 km 10 20 30 40 50 km
Escala horizontal

| Perforación | Rumbo y Distancia |
|---------------|-------------------|
| Villa Urquiza | |
| Victoria | 169° - 115 km. |

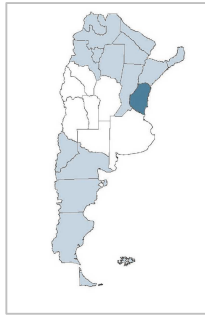
Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro este de la cuenca chacopampeana

Mársico D. 2012

Corte longitudinal 5. Santa Rosa de Calchines / Campo Timbó



Corte transversal 1. Chajarí - La Paz



Leyenda

- Sedimentos suprabasálticos
- Coladas basálticas
- Sedimentos intrabasálticos
- Sedimentos infrabasálticos SAG
- Sedimentos infrabasálticos Pre SAG
- Basamento cristalino

m.s.n.m. metros sobre el nivel del mar
m.b.b.p. metros bajo boca de pozo

S.E.V. 52 Sondeo eléctrico vertical - Cota

Fallamiento probable

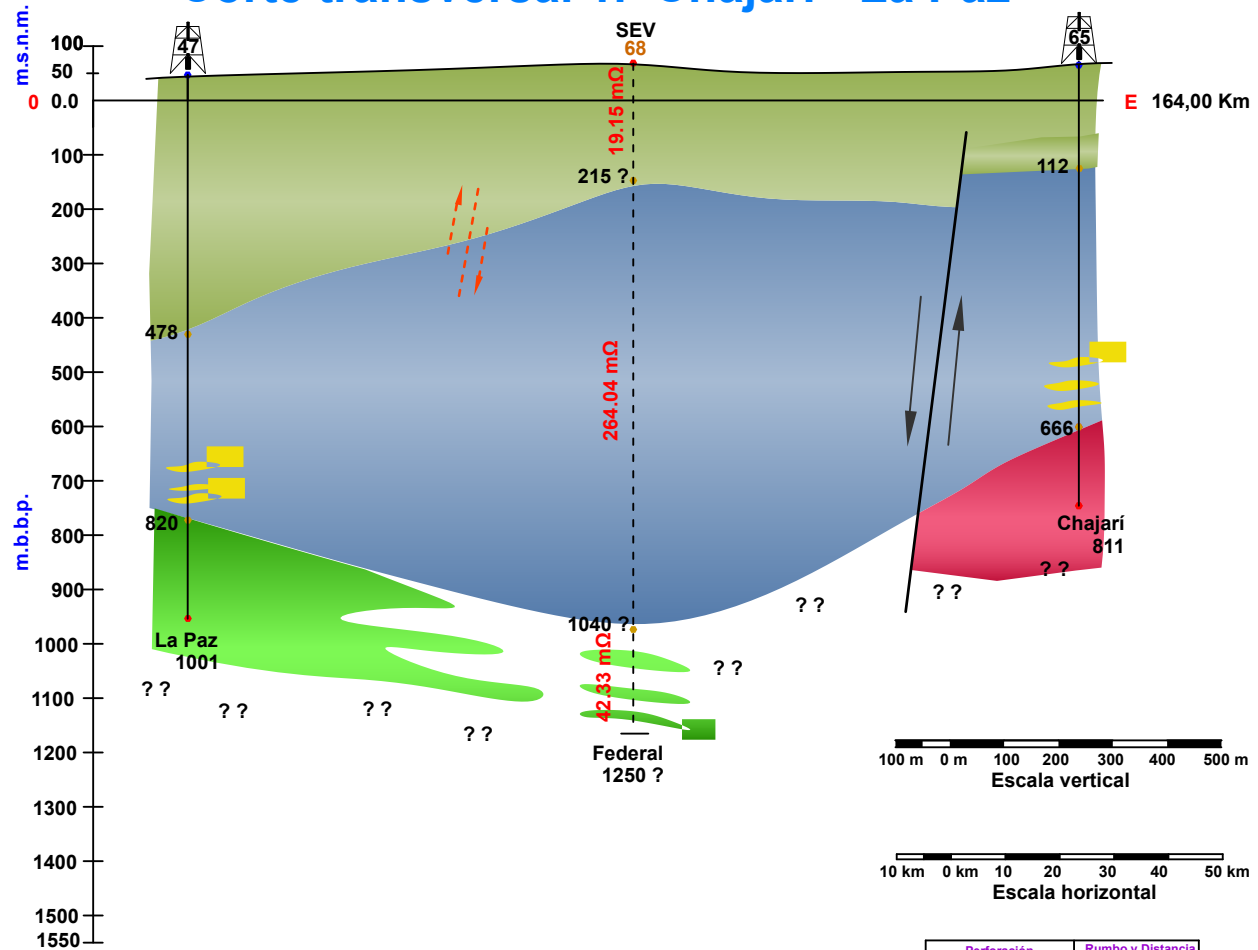
Fallamiento comprobado

452 Techo / Base Basaltos
 1011

Colón Techo Basamento
 780

Colón Profundidad final
 1502

Perforación y cota



100 m 0 m 100 200 300 400 500 m
 Escala vertical

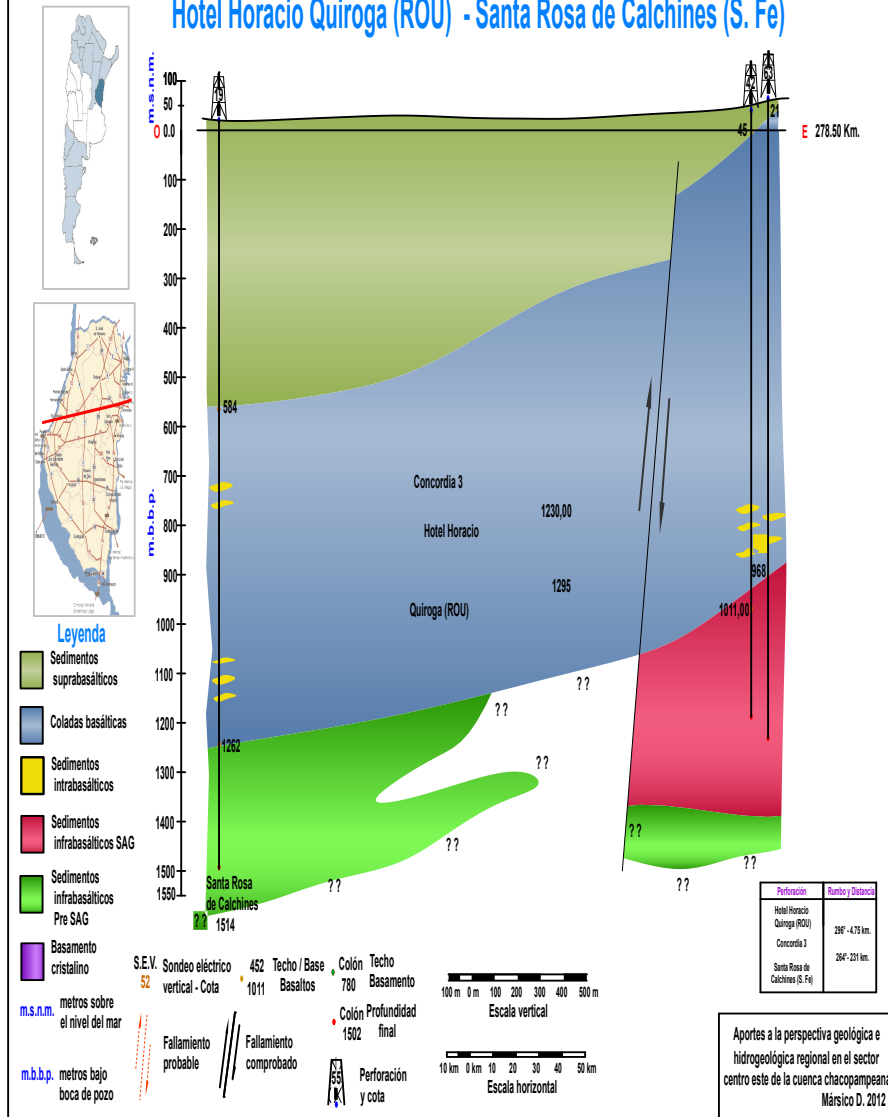
10 km 0 km 10 20 30 40 50 km
 Escala horizontal

| Perforación | Rumbo y Distancia |
|-------------|-------------------|
| Chajarí | 251° - 82 km. |
| Federal | 287° - 82 km. |
| La Paz | |

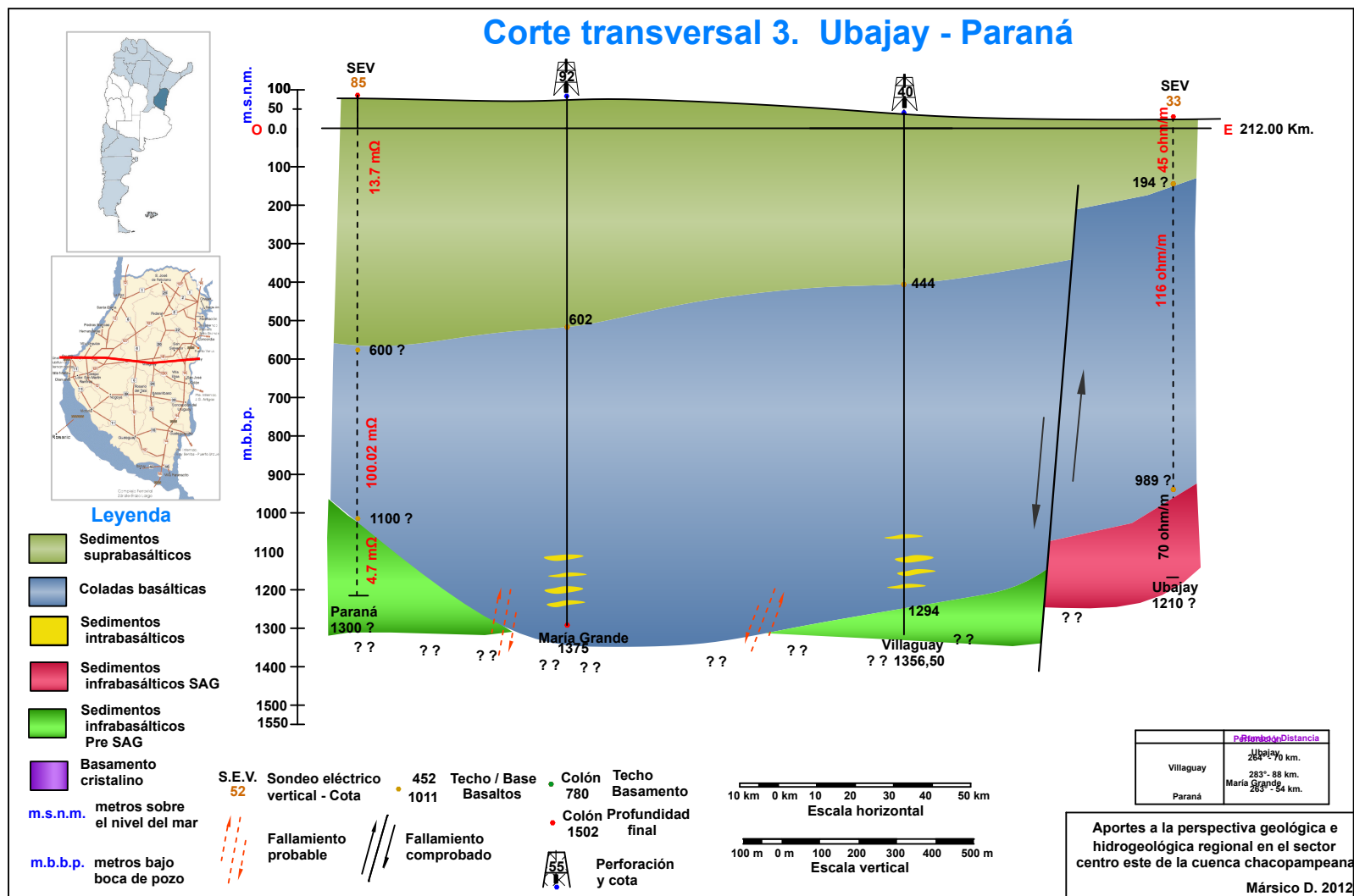
Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro este de la cuenca chacopampeana

Mársico D. 2012

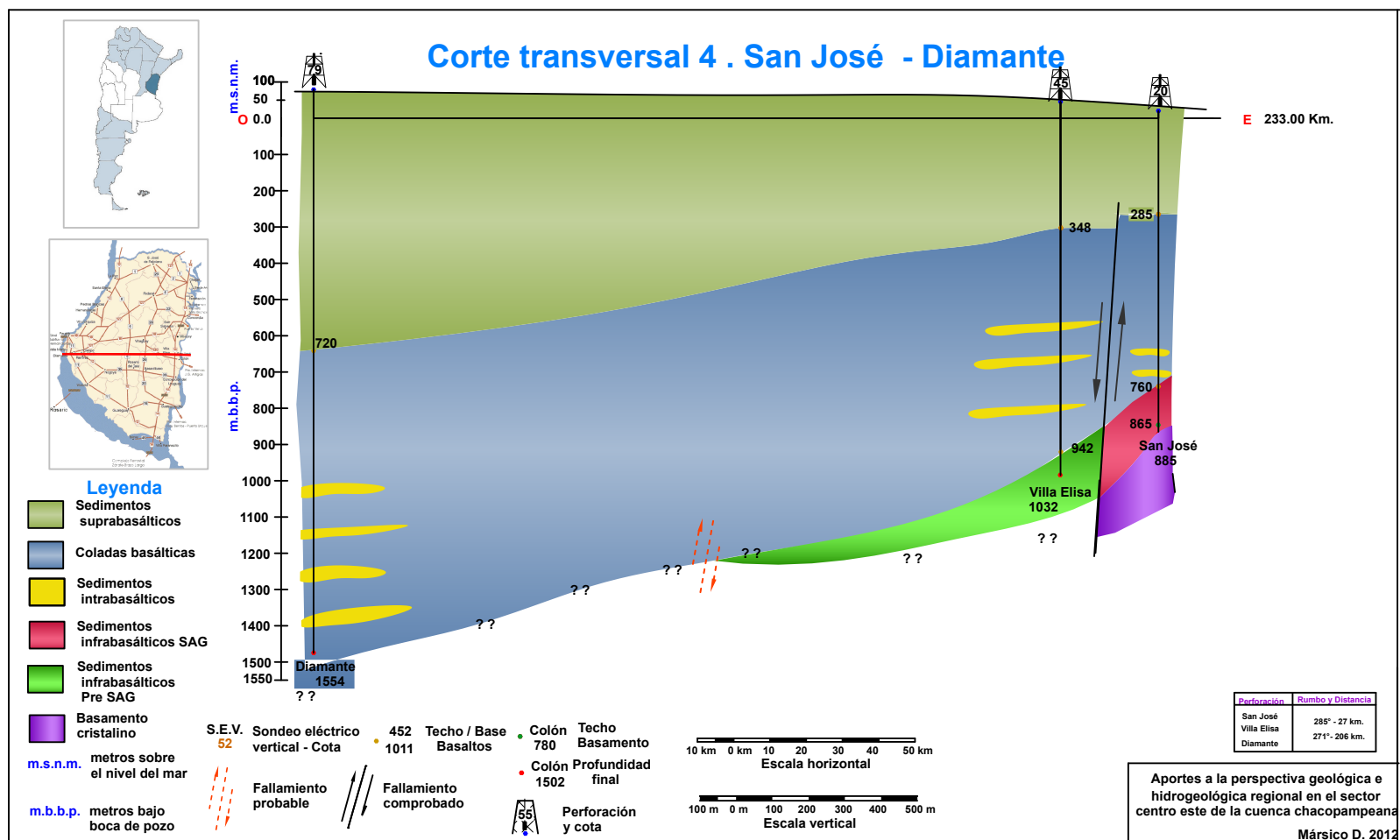
Corte transversal 2. Hotel Horacio Quiroga (ROU) - Santa Rosa de Calchines (S. Fe)

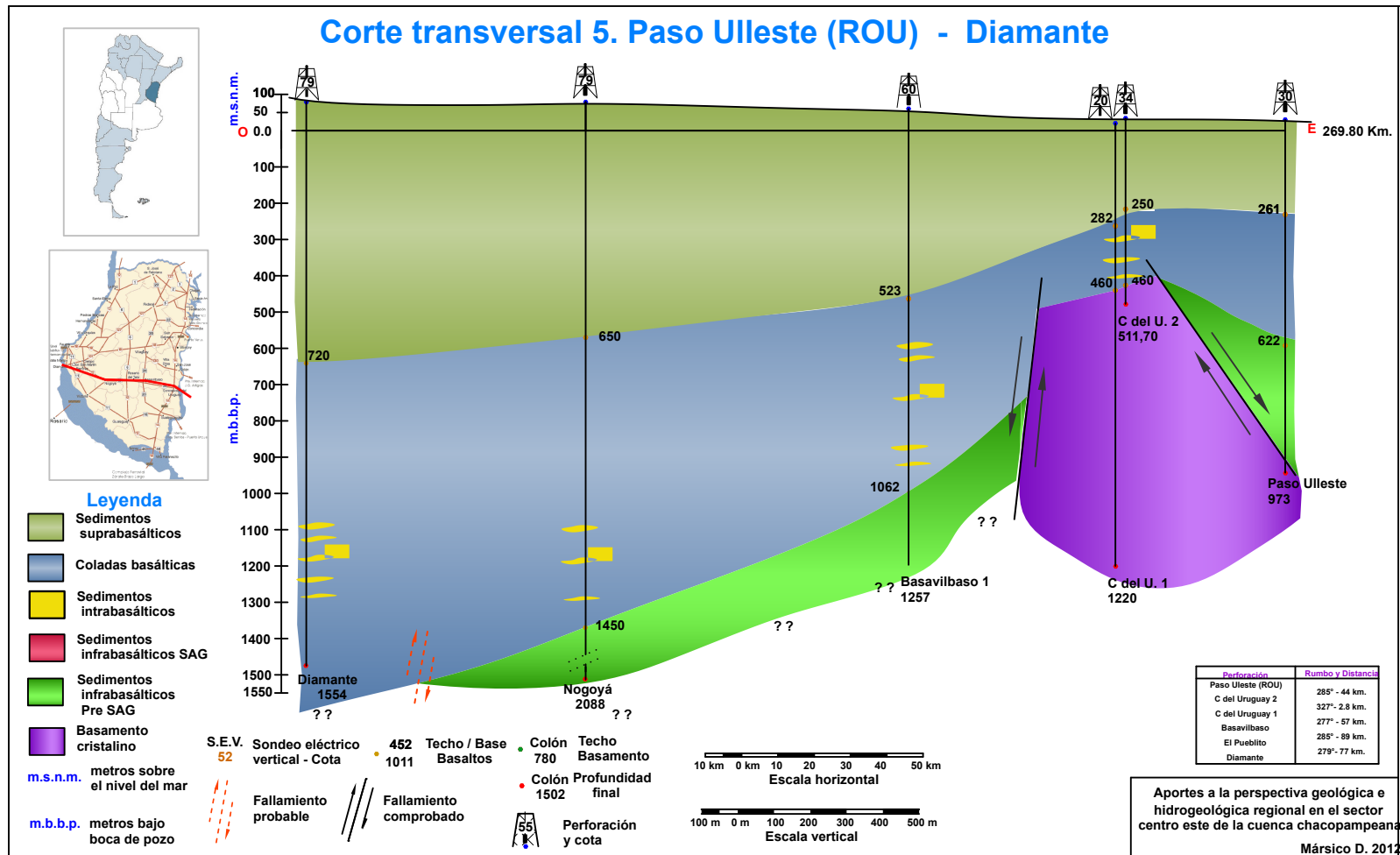


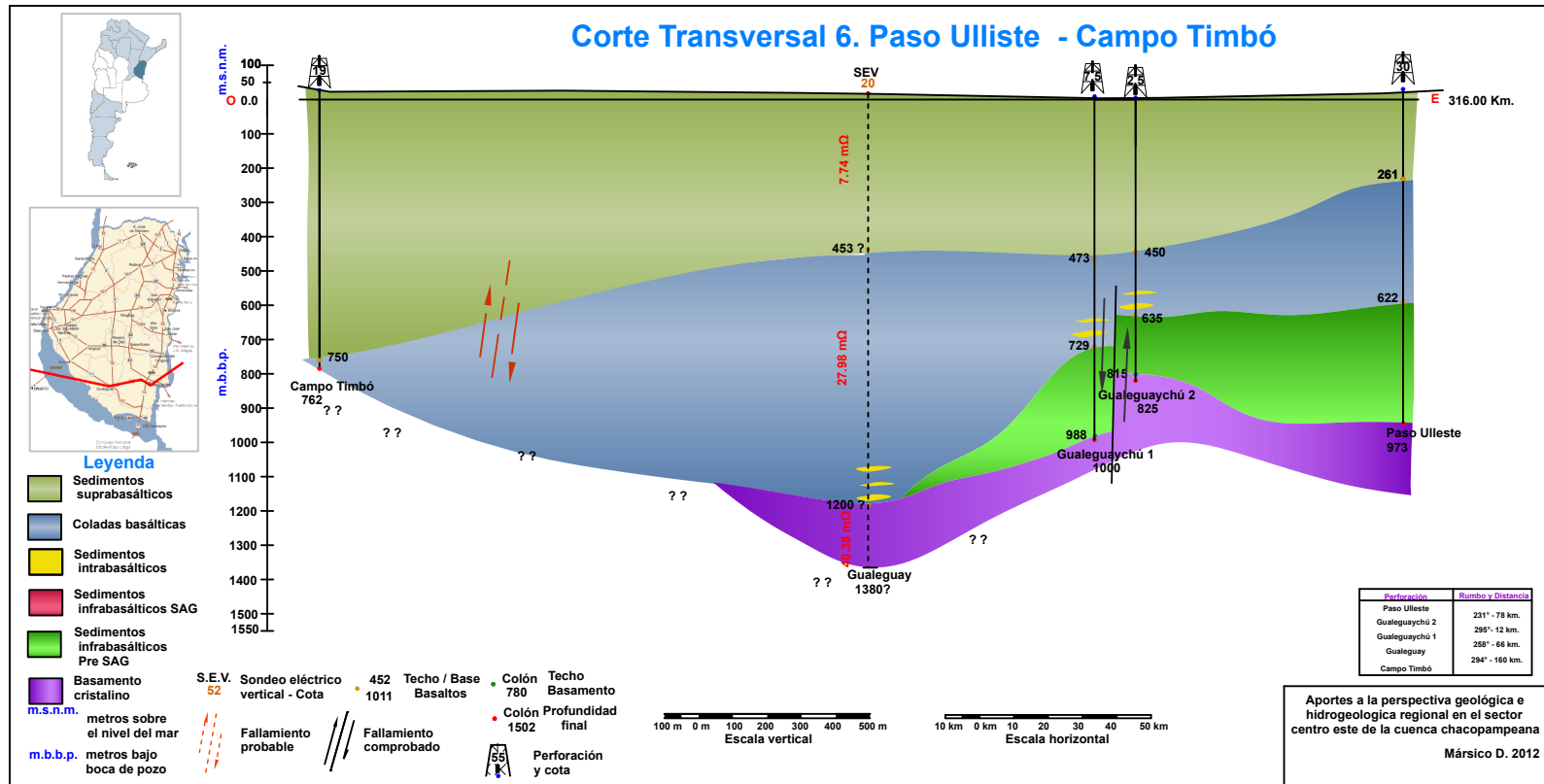
Corte transversal 3. Ubajay - Paraná



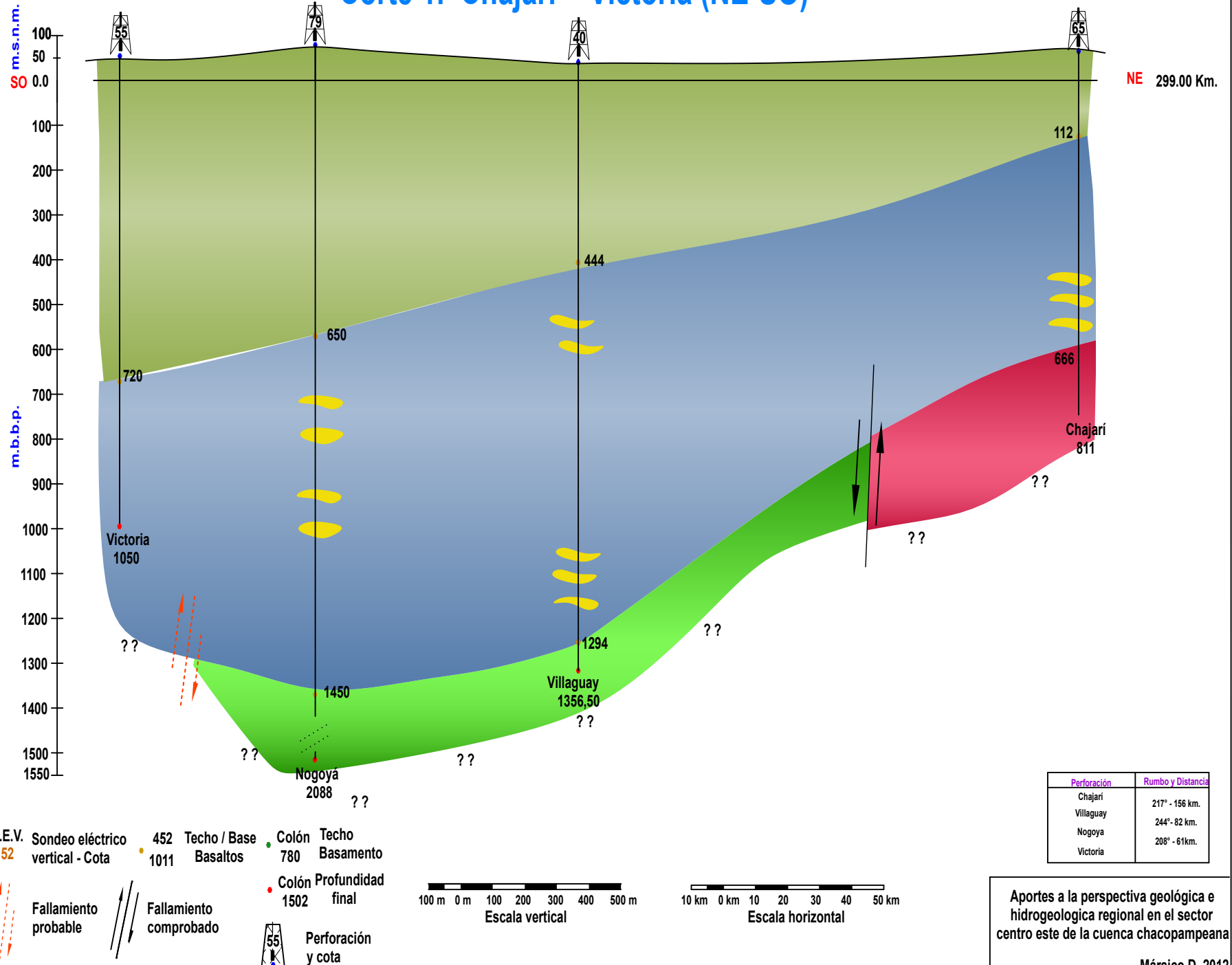
Corte transversal 4 . San José - Diamante







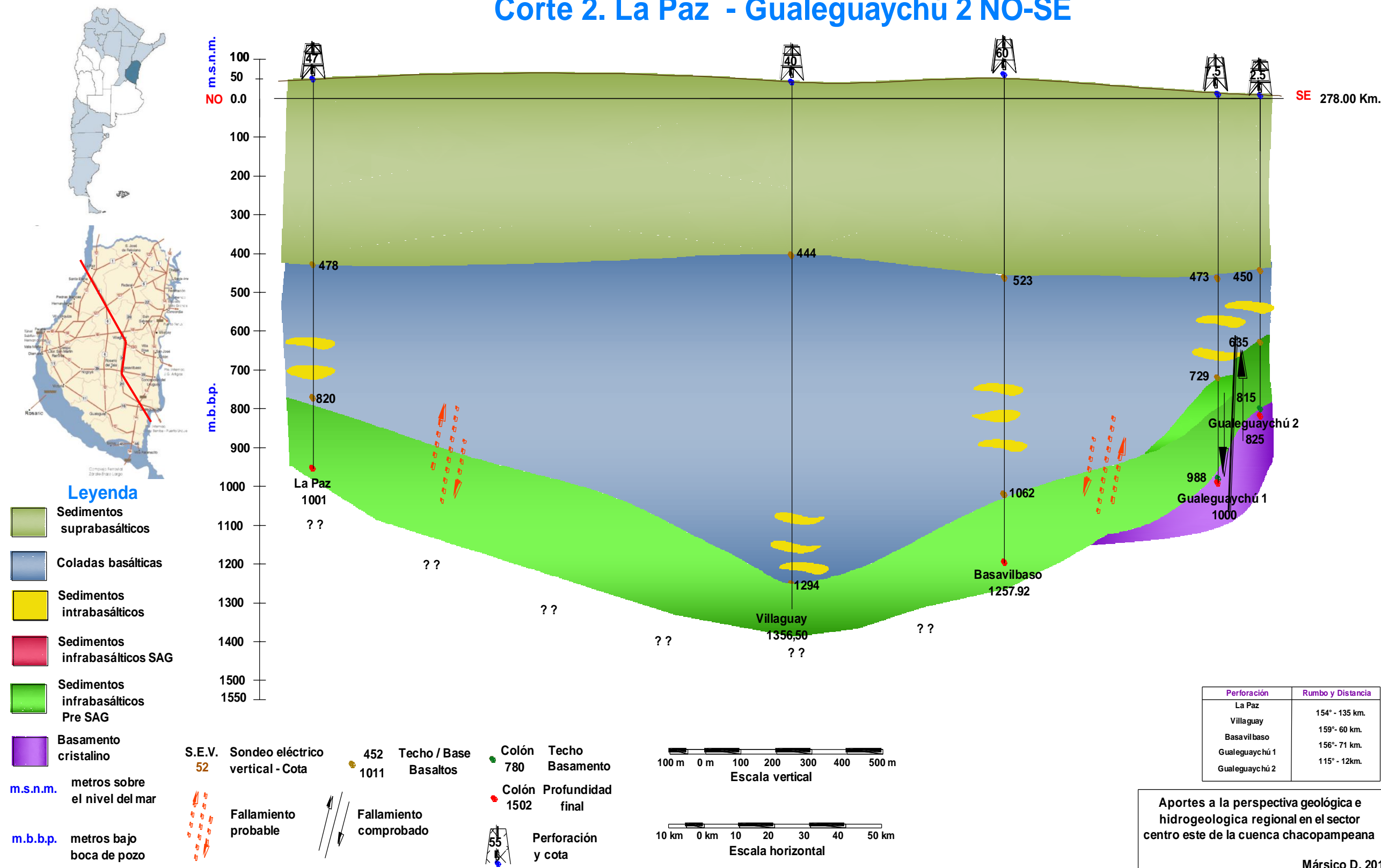
Corte 1. Chajarí - Victoria (NE-SO)



Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro este de la cuenca chacopampeana

Mársico D. 2012

Corte 2. La Paz - Gualeguaychú 2 NO-SE



Cuadro cronoestratigráfico integrado comparativo para el Área Geológica 1

| Era | Periodo | Época | Chajarí 1 | Federación | Concordia 1, 2 y 3 | San José | Colón 1 | Columna Integrada | |
|------------|-------------|-------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|--------------|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Suelo Hernandarias | Suelo / Hernandarias | Suelo Hernandarias | Suelo I Hernandarias | Suelo Hernandarias | Suelo / Hernandarias | |
| | | Pleistoceno | Salto Chico | Salto Chico? | Salto Chico | Salto Chico | Salto Chico | Salto Chico / Ituzaingó | |
| | Terciario | Plioceno | | | | | | | |
| | | Mioceno | | | | | | | Paraná |
| | | Oligoceno | Fray Bentos | Fray Bentos | Fray Bentos | Fray Bentos | Fray Bentos | Mariano Boedo | |
| | | Eoceno | | | | | | | |
| | | Paleoceno | | | | | | | |
| | Mesozoica | Cretácico | Superior | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá |
| Inferior | | | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | |
| Jurasico | | Superior | | | | | | | |
| | | Inferior | Botucatú | Botucatú | Botucatú | Botucatú? | Botucatú? | Botucatú | |
| Triásico | | Superior | | | | | | | |
| | | Inferior | | | Piramboia | Piramboia | | | Piramboia |
| Paleozoica | Pérmico | Superior | | | | | | | |
| | | Inferior | | | | | | | Chacabuco |
| | Carbonífero | Superior | | | | | | | Charata |
| | | Inferior | | | | | | | |
| | Devónico | Superior | | | | | | | |
| | | Medio | | | | | | | Rincón |
| | | Inferior | | | | | | | Caburé |
| | Silúrico | Superior | | | | | | | Copo |
| | | Medio | | | | | | | |
| | | Inferior | | | | | | | Zapla |
| | Ordovícico | Superior | | | | | | | |
| | | Medio | | | | | | | |
| | | Inferior | | | | | | | Las Breñas |
| | Cámbrico | Superior | | | | | | | Pirané |
| | | Medio | | | | | | | |
| | | Inferior | | | | | | | Árbol Blanco |
| | Precámbrica | Precámbrico | | ? ? ? | Basamento | ? ? ? | Basamento | Basamento | Basamento |

Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro-este de la cuenca Chacopampeana. Mársico 2012

Cuadro cronoestratigráfico integrado comparativo Área Geológica 2 – A y B

| Era | Periodo | Época | A | B | Columna Integrada | |
|-------------|-------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------|
| | | | Concepción del Uruguay 1 y 2 | Gualedguaychú - 1 y 2 | | |
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Suelo / Hernandarias | Suelo / Hernandarias | Suelo / Hernandarias | |
| | | Pleistoceno | Salto Chico | Salto Chico | Salto Chico / Ituzaingó | |
| | Terciario | Plioceno | | | | |
| | | Mioceno | | | | Paraná |
| | | Oligoceno | Fray Bentos | Fray Bentos | Fray Bentos | |
| | | Eoceno | | | | |
| | | Paleoceno | | | | |
| Mesozoica | Cretácico | Superior | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | |
| | | Inferior | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | |
| | Jurasico | Superior | | | | |
| | | Medio | | | | |
| | | Inferior | Rivera | | | |
| | Triásico | Superior | | | | |
| | | Medio | | | | |
| Inferior | | Yaguarí / Buena Vista? | Yaguarí / Buena Vista? | | | |
| Paleozoica | Pérmico | Superior | | | | |
| | | Inferior | | | | Charata |
| | Carbonífero | Superior | | | | |
| | | Inferior | | | | |
| | Devónico | Superior | | | | |
| | | Medio | | | | Rincón |
| | | Inferior | | | | Caburé |
| | Silúrico | Superior | | | | Copo |
| | | Medio | | | | |
| | | Inferior | | | | Zapla |
| | Ordovícico | Superior | | | | |
| | | Medio | | | | |
| | | Inferior | | | | Las Breñas |
| | Cámbrico | Superior | | | | Pirané |
| | | Medio | | | | |
| Inferior | | Árbol Blanco | | | | |
| Precámbrica | Precámbrico | | Basamento | Basamento | Basamento | |

Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro-este de la cuenca Chacopampeana. Mársico 2012

Cuadro cronoestratigráfico integrado comparativo Área Geológica 3

| Era | Periodo | Época | Basavilbaso 1 | Villaguay 1 | Villa Elisa 1 | María Grande 1 | La Paz - 1 | Diamante 1 | Victoria 1 | Columna Integrada | |
|-------------|-------------|-------------|----------------------|------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------------------|------------|
| Cenozoico | Cuaternario | Holoceno | Hernandarias | La Picada /Grupo Punta Gorda | Hernandarias | La Picada /Grupo Punta Gorda | La Picada /Grupo Punta Gorda | Hernandarias | Hernandarias | Suelo /Hernandarias / Grupo Punta Gorda | |
| | | Pleistoceno | Salto Chico | Salto Chico | Salto Chico | Ituzaingó | Ituzaingó | Ituzaingó | Ituzaingó? | Salto Chico / Ituzaingó | |
| | Plioceno | | | | | | | | | | |
| | Mioceno | Paraná | Paraná | Paraná | Paraná | Paraná | Paraná | Paraná | Paraná | | |
| | Oligoceno | Fray Bentos | Fray Bentos | Fray Bentos | Mariano Boedo | Fray Bentos | Fray Bentos | Fray Bentos? | Fray Bentos / Mariano Boedo | | |
| | Eoceno | | | | | | | | ¿? | | |
| | Paleoceno | | | | | | | | | | |
| Mesozoica | Cretácico | Superior | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá | Puerto Yeruá? | Puerto Yeruá | |
| | | Inferior | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | Serra Geral | |
| | Jurasico | Superior | | | | | | | | | |
| | | Medio | | | | | | | | Botucatú | |
| | Inferior | | | | | | | | | | |
| | Triásico | Superior | | | | | | | | | Tacuarembó |
| | | Medio | | | | | | | | | |
| | | Inferior | | | | | | | | | |
| Paleozoica | Pérmico | Superior | Yaguari/Buena Vista? | Yaguari/Buena Vista? | Yaguari/Buena Vista? | Yaguari/Buena Vista? | | | | Yaguari / Buena Vista? | |
| | | Inferior | | | | | | | | Chacabuco | |
| | Carbonífero | Superior | | | | | | | | Charata | |
| | | Inferior | | | | | | | | | |
| | Devónico | Superior | | | | | | | | | |
| | | Medio | | | | | | | | Rincón | |
| | | Inferior | | | | | | | | Caburé | |
| | Silúrico | Superior | | | | | | | | Copo | |
| | | Inferior | | | | | | | | Zapla | |
| | Ordovícico | Superior | | | | | | | | | |
| | | Inferior | | | | | | | | Las Breñas | |
| | Cámbrico | Superior | | | | | | | | Pirané | |
| | | Medio | | | | | | | | | |
| | | Inferior | Árbol Blanco | | | | | | | | |
| Precámbrica | | | ? | ? | ? | ? | ? | ? | ? | Basamento | Basamento |

Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro-este de la cuenca Chacopampeana. Mársico 2012

ANEXO HIDROQUÍMICA

En este apartado se incluye una sección* de la planilla original emitida por el laboratorio interviniente y la correspondiente certificación

| ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD. | | Final Report | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|--------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| Client: | Universidad de Almería | | | | | | |
| File Created: | 11-Feb-2011 | | | | | | |
| Job Number: | VAN11000197 | | | | | | |
| Number of Samples: | 9 | | | | | | |
| Project: | None Given | | | | | | |
| Shipment ID: | | | | | | | |
| P.O. Number: | | | | | | | |
| Received: | 06-Jan-2011 | | | | | | |
| | Method | 2C | 2C | 2C | 2C | 2C | 2C |
| | Analyte | Dilution | Al | As | B | Br | Ca |
| | Unit | NONE | PPB | PPB | PPB | PPB | PPM |
| | MDL | 1 | 1 | 0,5 | 5 | 5 | 0,05 |
| Sample | Type | | | | | | |
| FEDERACION 1 CATIONES | Water | 1 | 7 | 28,5 | 136 | 120 | 19,11 |
| CONCORDIA 3 CATIONES | Water | 1 | 15 | 55,6 | 208 | 68 | 9,93 |
| VILLA ELISA 1 CATIONES | Water | 100 | <100 | <50 | 4976 | 10769 | 806,00 |
| SAN JOSE 1 CATIONES | Water | 1 | 25 | 113,4 | 1254 | 190 | 2,01 |
| COLON 1 CATIONES | Water | 1 | 12 | 86,6 | 1932 | 213 | 2,25 |
| LA PAZ 1 CATIONES | Water | 100 | 108 | 84,0 | 8798 | 49598 | 1231,00 |
| MARIA GRANDE 1 CATIONES | Water | 1000 | <1000 | <500 | 26003 | 109313 | 2213,00 |
| GUALEGUAYCHU 2 CATIONES | Water | 100 | 347 | <50 | 2452 | 17012 | 266,00 |
| CONCEPCION DEL URUGUAY 1 CATIONES | Water | 10 | 22 | 8,0 | 2216 | 3542 | 133,20 |

*Por razones de espacio debido a que se realizaron analitos de 72 elementos fue imposible mostrar la planilla de forma completa.



www.acmelab.com

Client: Universidad de Almeria (Hidro)
Dpto Hidrogeología
Almeria 4120 Spain

Submitted By: Angela Valeros-Izquierdo
Receiving Lab: Canada-Vancouver
Received: January 05, 2011
Report Date: February 11, 2011
Page: 1 of 2

CERTIFICATE OF ANALYSIS

VAN11000197.1

CLIENT JOB INFORMATION

Project: None Given
Shipment ID:
P.O. Number:
Number of Samples: 9

SAMPLE DISPOSAL

DISP+PLP Dispose of Pulp After 90 days

SAMPLE PREPARATION AND ANALYTICAL PROCEDURES

| Method Code | Number of Samples | Code Description | Test Wgt (g) | Report Status | Lab |
|----------------|-------------------|--------------------------------------------|--------------|---------------|-----|
| No Prep | 9 | Sorting of samples on arrival and labeling | | | VAN |
| Split Solution | 9 | Analysis sample split/packet | | | VAN |
| 2D | 9 | Water analysis by ICP-MS | 1 | Completed | VAN |

ADDITIONAL COMMENTS

Acme does not accept responsibility for samples left at the laboratory after 90 days without prior written instructions for sample storage or return.

Invoice To: Universidad de Almeria (Hidro)
Dpto Hidrogeología
Almeria 4120
Spain

CC:



This report supersedes all previous preliminary and final reports with this file number dated prior to the date on this certificate. Signature indicates final approval; preliminary reports are unsigned and should be used for reference only.
All results are considered the confidential property of the client. Acme assumes the liability for actual cost of analysis only.
*** asterisk indicates that an analytical result could not be provided due to unusually high levels of interference from other elements.

EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS

Referencias para la lectura de la tabla de identificación y evaluación de los impactos ambientales.

Naturaleza y Signo del Impacto

Hace alusión al carácter del mismo de acuerdo a las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

- Beneficioso. Signo Positivo = Efecto Positivo sobre el ambiente
- Perjudicial. Signo Negativo = Efecto Negativo sobre el ambiente

Intensidad

Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa.

- A = Alta
- M = Media
- B = Baja

Extensión

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.

- Puntual. el efecto está circunscrito a un espacio pequeño
- Parcial. afecta a un sector
- Extensa. la afectación influye sobre una zona considerable
- Total. afecta a toda un área

Persistencia

Hace alusión al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales.-

- F = Fugaz
- T = Temporal
- P = Permanente

Reversibilidad

Tiempo que demandará la reconstrucción del factor afectado.

- CP = Corto plazo
- MP = Mediano plazo
- LP = Largo plazo
- I = Irreversible

Momento

Es el plazo de manifestación del impacto e indica el tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.

- LP = Largo plazo
- MP = Mediano plazo
- I = Inmediato
- C = Critico

Recuperabilidad

Es la posibilidad de reconstrucción, total o parcial del indicador afectado como consecuencia del proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación por medio de la intervención humana (introducción de medidas de mitigación correctivas)

- Rcl = Recuperable de manera Inmediata M = Mitigable
- RcMP = Recuperable a Mediano Plazo I = Irrecuperable

Sinergia

Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples.

- Sinergismo bajo = Sb
- Sinergismo moderado = Sm
- Sinergismo alto = Sa

Efecto

Esta referido a la relación causa-efecto o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción.

- Indirecto = I (La manifestación no es consecuencia directa de la acción)
- Directo = D (La repercusión de la acción es consecuencia directa de esta)

Periodicidad

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto.

- Discontinuos = D
- Irregular = I (potenciales)
- Continuo = C

Probabilidad de ocurrencia

Se refiere a la posibilidad de que ocurra o no una afectación.

- Cierta = C
- Potencial = P

TABLA DE IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS PARA UNA EXPLOTACIÓN TERMAL

IMPACTO SOBRE EL MEDIO FISICO – QUÍMICO

✓ Factor Impactado: Atmósfera

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|-------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Contaminación con: Polvo-Gases -Ruidos | | | | | | | | | | | | |

✓ Factor Impactado: Suelo

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|--------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Características Físico- químicas | | | | | | | | | | | | |
| Erosión Depositación | | | | | | | | | | | | |
| Capacidad Agro- Ganadera | | | | | | | | | | | | |
| Modificación de la calidad por movimientos | | | | | | | | | | | | |

✓ Factor Impactado: Agua

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|-------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Superficial – Drenaje Curso superficial | | | | | | | | | | | | |
| Subterránea Recarga de acuíferos | | | | | | | | | | | | |
| Por residuos de la actividad | | | | | | | | | | | | |
| Alteraciones del régimen hídrico por extracción | | | | | | | | | | | | |

✓ **Factor Impactado Geomorfología**

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|-------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Fisiografía | | | | | | | | | | | | |

IMPACTO SOBRE EL MEDIO BIOLÓGICO

✓ **Factor Impactado: Flora**

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|---------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| En las comunidades vegetales terrestres acuáticas | | | | | | | | | | | | |

✓ **Factor Impactado: Fauna**

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|----------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Aves, reptiles y invertebrados terrestres - acuáticos | | | | | | | | | | | | |

✓ **Impacto sobre los procesos ecológicos**

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Modificaciones estructurales y dinámicas – Indicadores | | | | | | | | | | | | |

IMPACTO SOBRE EL MEDIO HUMANO

Impacto en el ámbito sociocultural

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|----------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Sobre la población- Cambio de Hábitos | | | | | | | | | | | | |
| Sobre la estructura vial, y de bienes comunitarios | | | | | | | | | | | | |
| Sobre el patrimonio histórico, cultural | | | | | | | | | | | | |
| Impacto causado por la eliminación de residuos | | | | | | | | | | | | |
| Sobre la actividad turística-recreativa | | | | | | | | | | | | |
| Impacto en la Seguridad – Riesgos de Accidentes | | | | | | | | | | | | |
| Sobre la economía local y regional | | | | | | | | | | | | |
| Sobre la generación de empleos Fijo –Temporal | | | | | | | | | | | | |

✓ Impacto sobre el suelo (Territorio - Paisajístico)

| Ítem | Impacto S / N | Signo del Impacto + / - | Intensidad A / M / B | Magnitud A / M / B | Persistencia F / T / P | Reversibilidad CP / MP / I | Momento LP / MP / I / C | Recuperabilidad Rcl / RcMP / M / I | Sinergia Si No | Efecto Direc - Indirec | Periodicidad D / I / C | Probabilidad de Ocurrencia |
|---------------------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Grado de afectación o actual y potencial | | | | | | | | | | | | |
| Sobre los atributos paisajísticos | | | | | | | | | | | | |

| Planilla de control | | Medidas de Mitigación | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| Factores impactados | | Tipo | | Metodología y frecuencia | Área de aplicación | Indicadores de efectividad | Responsables del control |
| | | Preventivas | Correctivas | | | | |
| Medio Físico Químico | Atmósfera | | | | | | |
| | Contaminación por gases, ruidos y particulados | | | | | | |
| | Suelo | | | | | | |
| | Características físico-químicas | | | | | | |
| | Erosión-Depositación | | | | | | |
| | Capacidad agrícola-ganadera | | | | | | |
| | Agua | | | | | | |
| | Superficial - Subterránea. Drenaje | | | | | | |
| Medio Biológico | Flora Terrestre. Cubierta vegetal y arbustiva | | | | | | |
| | Fauna. Terrestre. Pequeños reptiles - Insectos | | | | | | |
| Medio Físico Químico | Por la generación de empleos | | | | | | |
| | Sobre la generación de residuos | | | | | | |
| | Sobre el uso del suelo como territorio | | | | | | |
| | Sobre la economía y desarrollo | | | | | | |
| | Sobre la salud y seguridad de las personas* | | | | | | |
| Visual | Sobre los atributos paisajísticos - Fisiografía | | | | | | |
| | Impacto Visual - Estético | | | | | | |
| Relaciones ecológicas | Modificaciones estructurales y dinámicas - Alteración de los indicadores | | | | | | |

Aportes a la perspectiva geológica e hidrogeológica regional en el sector centro-este de la cuenca Chacopampeana. Mársico 2012

LA LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS SANCIONA CON FUERZA DE

L E Y :

CAPITULO I

OBJETO Y AMBITO DE APLICACIÓN DE LA LEY

ARTICULO 1º.- Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos, cuyo lugar de alumbramiento se sitúe dentro de la jurisdicción provincial; definir los lineamientos de política general en esta materia y crear un órgano específico, que será su Autoridad de Aplicación. Su alcance incluye tanto el estudio como la planificación de su uso, su exploración y explotación; la determinación del tratamiento y disposición de los recursos termales residuales del aprovechamiento, así como también la ordenación, fomento y promoción de la actividad termal en la Provincia de Entre Ríos.

ARTICULO 2º.- A los efectos de la presente Ley se denominan recursos termales a los compuestos por agua de origen subterráneo, obtenida de formaciones intrabasálticas o infrabasálticas, con distintas concentraciones de sales y/o sustancias en suspensión y/o gases que, pudiendo encontrarse en estado líquido dominante, alcancen en su punto de alumbramiento natural o artificial una temperatura que supere en ocho grados centígrados la temperatura media anual de la región en que se encuentren.

ARTICULO 3º.- Los recursos termales constituyen un recurso natural, que forma parte del dominio público del Estado Provincial, cualquiera sea su forma de manifestación, constituyendo una obligación del Estado su preservación cuantitativa y cualitativa, en miras a la satisfacción de usos de interés general.

ARTICULO 4º.- El dominio de la Provincia sobre los recursos termales es inalienable e inembargable y no admite otras limitaciones que las que por la presente Ley se establecen y autorizan, considerándose nulo de nulidad absoluta todo acto administrativo de índole municipal, provincial y/o nacional que modifique y/o resienta derechos de la Provincia sobre los mismos.

ARTICULO 5º.- La exploración y explotación de los recursos termales deberá gestionarse atendiendo principios de precaución y cuidado, en miras a la preservación de la biodiversidad, la protección de los ecosistemas y el medio ambiente.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

ARTICULO 6º.- Las personas privadas no podrán adquirir por prescripción el dominio ni el derecho al uso de los recursos termales.

ARTICULO 7º.- Es facultad del Poder Ejecutivo Provincial la planificación y determinación de las estrategias de aprovechamiento de los recursos termales, pudiendo otorgar autorizaciones para su exploración y/o explotación, de acuerdo al procedimiento que fijan las disposiciones del Capítulo VI de la presente Ley. El Poder Ejecutivo se reserva la facultad de intervenir sobre cualquier hecho o disposición de uso de los recursos termales que exceda las autorizaciones otorgadas o la finalidad para que hayan sido concedidas.

ARTICULO 8º.- La Provincia concertará tratados según el criterio de unidad de cuenca subterránea, los que serán puestos en conocimiento de la Legislatura para su aprobación.

CAPITULO II

POLITICA GENERAL

ARTICULO 9º.- La política provincial en materia de recursos termales tendrá los siguientes objetivos:

- a) Planificar las inversiones básicas a realizar en forma conjunta entre el sector público y el sector privado, tendientes a desarrollar la actividad termal.
- b) Administrar en forma integral el uso racional y sustentable de los recursos termales.
- c) Fiscalizar el uso y aprovechamiento de los recursos termales, estableciendo mecanismos de control sobre su calidad, cantidad y diversidad.
- d) Promocionar los distintos centros termales de la Provincia en coordinación con los organismos municipales de turismo y la Subsecretaría de Turismo de la Provincia.
- e) Instrumentar el aprovechamiento de los recursos termales-medicinales para el mejoramiento de la salud pública, asistiendo a los sectores de la población que lo necesiten.
- f) Promover el termalismo social, mediante el convenio de cupos anuales de acceso a los centros termales, con tarifas diferenciales. Los mismos serán administrados por la Dirección de Recreación y Turismo Social, organismo que deberá asignarlos con criterio federal a través de un programa específico.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

- g) Priorizar los proyectos de uso múltiple del recurso por sobre los de uso singular, siempre que aquellos estén justificados técnica, social y económicamente.
- h) Procurar el conocimiento científico del recurso termal en todos sus aspectos técnicos, ya sean de estudio como de exploración y/o perforación para su mejor aprovechamiento.
- i) Ejecutar y actualizar un inventario de los recursos termales disponibles y potenciales, creando un banco de información y mapeo integral del territorio provincial respecto del recurso termal, así como un registro ordenado de los permisos de exploración y de explotación que se otorguen.
- j) Autorizar, previo estudio de impacto ambiental realizado por profesionales con incumbencia matriculados, los proyectos que eviten el derroche, la degradación y la contaminación del acuífero.
- k) Coordinar la actividad provincial con otras provincias, regiones y el Estado Nacional, sobre una recíproca complementación, orientada a una explotación sustentable del recurso.
- l) Promover la formación de profesionales especialistas en usos terapéuticos, en la explotación y control de los recursos termales.

CAPITULO III

DEL ENTE REGULADOR DE LOS RECURSOS TERMALES DE LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS

ARTICULO 10º.- La Autoridad de Aplicación de la presente Ley y sus reglamentaciones será el ENTE REGULADOR DE LOS RECURSOS TERMALES DE LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS (E.R.R.T.E.R.), organismo que a esos efectos se crea y que funcionará como entidad autárquica, con personería jurídica y patrimonio propio, dentro del ámbito del Ministerio de Gobierno, Justicia, Educación, Obras y Servicios Públicos.

ARTICULO 11º.- El E.R.R.T.E.R. gozará de autarquía y tendrá plena capacidad jurídica para actuar en ámbitos de derecho público y privado, con arreglo a las Leyes nacionales y provinciales. Su patrimonio estará formado por los bienes que se le transfieran y por los que adquiriera en el futuro por cualquier título. El ente tendrá domicilio en la ciudad de Concepción del Uruguay, Provincia de Entre Ríos, donde tendrá su sede. En caso de traslado, podrá fijar otros dentro del territorio provincial, o fijar representaciones legales fuera del mismo, con acuerdo de la Legislatura.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

ARTICULO 12º.- El E.R.R.T.E.R. coordinará, complementará e integrará sus actuaciones con la Dirección de Hidráulica y la Dirección General de Desarrollo, Ecología y Control Ambiental, organismos dependientes de la Secretaría de Obras y Servicios Públicos; con la Subsecretaría de Turismo, dependiente del Ministerio de Gobierno, Justicia, Educación, Obras y Servicios Públicos; con la Dirección General de Minería, dependiente de la Subsecretaría de Industria, Comercio, PYMES y Relaciones Económicas Internacionales y con la Dirección de Recreación y Turismo Social y la Secretaría de Salud, dependiente del Ministerio de Salud y Acción Social, o con las áreas u organismos que en el futuro las suplantén.

ARTICULO 13º.- Para el cumplimiento de sus funciones el E.R.R.T.E.R. observará lo dispuesto por las Leyes de Contabilidad, Nº 5140 y sus modificatorias (T.O. por Decreto Nº 404/95 M.E.O.S.P.) y de Obras Públicas Nº 6351 y sus modificatorias y reglamentaciones, así como todas aquellas otras que regulen procedimientos de acciones que el organismo deba realizar en cumplimiento de su objeto.

ARTICULO 14º.- El E.R.R.T.E.R. regulará la actividad termal y controlará las actividades exploratorias y las concesiones de explotación otorgadas y a otorgar por el Poder Ejecutivo Provincial, constituyendo sus funciones y atribuciones las siguientes:

a) Funciones Normativas.

- 1- Asistir al Poder Ejecutivo en el ejercicio de las atribuciones conferidas por la presente Ley, asesorándolo mediante dictamen técnico jurídico en cuanto al otorgamiento de las autorizaciones de exploración y concesiones de explotación de los recursos termales.
- 2- Reglamentar, supervisar y vigilar todas las actividades y obras relativas al estudio, captación, uso, explotación, preservación y evacuación del recurso termal.
- 3- Formular políticas y estrategias de crecimiento de la actividad termal compatibles con las políticas de desarrollo provincial.
- 4- Proponer al Poder Ejecutivo la declaración de utilidad pública e interés social y sujeto a expropiación las obras, muebles, inmuebles o vías de comunicación necesarias para el mejor uso de los recursos termales, siguiendo para tal fin el procedimiento legal vigente en la Provincia.
- 5- Crear las áreas técnicas específicas, con personal especializado, que bajo su dirección, competencia y administración efectúen los controles periódicos de calidad del recurso termal a utilizarse, en su aspecto sanitario y

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley Nº 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

bacteriológico, de sus aptitudes terapéuticas y de toda otra aplicación que se haga del recurso termal.

- 6- Celebrar Convenios de cooperación técnica con organismos públicos y/o privados, de carácter municipal, provincial, nacional o extranjeros, tendientes al desarrollo de estudios medicinales, bacteriológicos, geológicos, hídricos y ambientales, así como también proyectos asociativos para la ejecución de obras de saneamiento en áreas de influencia de las explotaciones de los recursos termales.

b) Atribuciones.

- 1- Será Autoridad de Aplicación en las áreas que por sus características corresponden delimitar como de uso y explotación de los recursos termales, atribución que comprende especialmente el control y la vigilancia del aprovechamiento, uso, conservación y preservación de los mismos, y de las actividades que pudiesen afectarlos. A requerimiento del E.R.R.T.E.R. y en cumplimiento de su cometido, le será facilitado el auxilio de la fuerza pública, pudiendo ingresar a cualquier lugar de propiedad pública o privada para inspeccionar, fiscalizar o realizar estudios sobre el recurso termal y sus aplicaciones, previa notificación y con intervención de funcionarios debidamente autorizados. Los controles, inspecciones de obras y seguimiento en materia ambiental y sanitaria, a partir del uso y aprovechamiento de los recursos termales, serán ejercidos por el E.R.R.T.E.R., la Dirección General de Desarrollo, Ecología y Control Ambiental y la Secretaría de Salud, en virtud de las facultades que les son propias y concurrentes.
- 2- Reglamentar y fiscalizar, concurrentemente con organismos específicos, las actividades terapéuticas, medicinales, recreativas y turísticas desarrolladas en base a la utilización de recursos termales.
- 3- Ordenar la remoción de obras ejecutadas en contravención a la Ley vigente o que pongan en peligro el orden público, la vida o la salud de las personas.
- 4- Promocionar las termas de la Provincia de Entre Ríos mediante sistemas efectivos de información y publicidad de alcance provincial, nacional e internacional, en coordinación con los Municipios y la Subsecretaría de Turismo.
- 5- Prohibir por acto fundado el uso recreativo o medicinal, en salvaguarda de la salud pública, del medio ambiente y del propio recurso.
- 6- Llevar un REGISTRO PROVINCIAL DE LA ACTIVIDAD TERMAL, donde asentará la información relacionada con los siguientes ítems:

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

- a) Registro de solicitudes de exploración, de autorizaciones de exploración otorgadas y de vencimientos de vigencia de las mismas.
 - b) Registro e identificación de las perforaciones y obras efectuadas para el estudio del recurso, incluyendo sus planos, especificaciones técnicas y memorias descriptivas de las mismas.
 - c) Registro e identificación de las empresas o sociedades concesionarias de explotación de recursos termales, de empresas o compañías contratistas de trabajos de exploración y de profesionales con capacidad de intervención en cualquiera de los tramos que la actividad termal comprende.
 - d) Banco de datos con información acerca del estado del recurso, estimaciones de volumen y calidad, identificación de cuencas y toda otra que el ente considere útil para precisar óptimas condiciones de manejo del recurso termal.
- 7) Aplicar sanciones por la inobservancia de las disposiciones legales, el incumplimiento de las obligaciones derivadas de la exploración y/o explotación de los recursos termales o el uso no autorizado de los mismos. Las infracciones serán consideradas leves o graves y sancionadas con multa, clausura de las instalaciones y/o rescisión del Contrato. Se considerará grave aquella infracción que ponga en peligro la vida humana o el ecosistema; el incumplimiento contumaz ante la tercera intimación hecha por la Autoridad de Aplicación en relación a normas legales y/o a obligaciones derivadas del Contrato; y la infracción reincidente verificada dentro de un mismo año. Las multas serán cuantificadas en Unidades Fijas (U.F.) en las que una Unidad Fija equivaldrá diez metros cúbicos (10 m³) de agua termal extraída, cuyo precio será fijado con el canon anual correspondiente.
- Las infracciones leves serán sancionadas con multa de Diez a Mil UF, pudiendo aplicarse la accesoria de clausura temporal de las instalaciones de hasta Diez (10) días.
- Las infracciones graves serán sancionadas con multa de Cien a Diez Mil UF, pudiendo aplicarse la accesoria de clausura de hasta tres (3) meses o por el tiempo mayor que dure la contumacia, pudiendo sumarse la accesoria de rescisión de la concesión. Dicha rescisión solo podrá aplicarse mediante Decreto del Poder Ejecutivo, a petición de la Autoridad de Aplicación.
- 8) Proponer al Poder Ejecutivo la determinación del precio del canon de explotación así como su actualización, cuando corresponda. El mismo deberá formarse tomando como unidad de medida el metro cúbico de recurso termal extraído.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

- 9) Fijar las tasas, derechos de exploración y aranceles por servicios a terceros, así como también percibir las sumas que en concepto de cánones por concesión y por aplicación de multas deban pagar los concesionarios.

CAPITULO IV

DE LA CONFORMACION DEL ENTE REGULADOR

ARTICULO 15º.- El E.R.R.T.E.R. será dirigido y administrado por un Directorio integrado por tres (3) miembros, todos designados por el Poder Ejecutivo, de los cuales uno será el Presidente, otro el Vicepresidente y otro Vocal. Este último será designado a propuesta de los Municipios integrantes de la Asociación de Comunidades Termales de Entre Ríos.

ARTICULO 16º.- Los miembros del Directorio durarán en su mandato hasta la conclusión del período constitucional en que fueron designados, pudiendo ser removidos por el Poder Ejecutivo por acto fundado. Previa separación del cargo el Poder Ejecutivo comunicará los fundamentos a la Legislatura Provincial.

ARTICULO 17º.- Los miembros del Directorio deberán ser argentinos, tener como mínimo 25 años de edad y ser domiciliados realmente en la Provincia de Entre Ríos, con una residencia no menor a dos años en territorio provincial al momento de su designación.

ARTICULO 18º.- El ejercicio del cargo de Director es incompatible con cualquier otro cargo en empresas privadas permisionarias, concesionarias o contratistas del E.R.R.T.E.R.

ARTICULO 19º.- El Poder Ejecutivo establecerá las remuneraciones que el Presidente, el Vicepresidente y el Vocal gozarán por el ejercicio de sus cargos, las que deberán ser equivalentes a la del Presidente, Vicepresidente y vocales de otros entes u organismos autárquicos.

ARTICULO 20º.- El Directorio, sin perjuicio de la periodicidad que el mismo determine en su primer reunión, sesionará válidamente cuando sea convocado por el Presidente o a pedido de dos de sus miembros. Podrá deliberar válidamente (formar quórum) con la presencia de dos de sus miembros, tomando resoluciones por simple mayoría, pudiendo desempatar de ser necesario mediante el voto doble del Presidente o, en caso de ausencia de éste, del Vicepresidente.

ARTICULO 21º.- Los miembros del Directorio no podrán abstenerse de votar. Serán responsables personal y solidariamente por todos los actos emanados del mismo, salvo expresa constancia en caso de disidencia.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

ARTICULO 22º.- La fiscalización del E.R.R.T.E.R. será ejercida por la Contaduría General y el Tribunal de Cuentas de la Provincia, sin perjuicio de las auditorías contables que disponga el Ministerio de Gobierno, Justicia, Educación, Obras y Servicios Públicos.

ARTICULO 23º.- Serán funciones del directorio:

- a) Aplicar y fiscalizar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias que rigen la actividad termal.
- b) Dictar el reglamento interno del Ente.
- c) Asesorar al Poder Ejecutivo en todas las materias de competencia del Ente.
- d) Crear bajo su dependencia órganos administrativos y técnicos.
- e) Nombrar, promover, trasladar, acordar licencias y permisos de su personal.
- f) Aplicar medidas disciplinarias a su personal.
- g) Aceptar renunciaciones y remover a todo el personal, disponiendo con respecto al mismo todas las medidas derivadas de la relación de empleo público, a cuyo fin deberá tener en cuenta las Leyes vigentes.
- h) Formular el Presupuesto Anual de Gastos y Cálculo de Recursos que el Ente elevara al Poder Ejecutivo para su aprobación legislativa.
- i) Las designaciones del personal deberán hacerse según Presupuesto General Anual del Ente.
- j) Confeccionar anualmente su Memoria y Balance.
- k) Disponer y administrar los fondos propios y los que le asigne la Ley de Presupuesto o leyes especiales.
- l) Fijar y percibir las tasas, derechos de exploración y aranceles por servicios a terceros, así como también percibir las sumas que en concepto de cánones por concesión y por aplicación de multas deban pagar los permisionarios de exploración o los concesionarios de explotación de recursos termales.
- m) Percibir los cánones que se fijen por la explotación del recurso.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

- n) Fijar las políticas y estrategias para decidir los cursos de acción que permitan alcanzar las metas previstas.
- ñ) Realizar todos los actos que sean necesarios para el cumplimiento de las funciones del Ente Regulador de los Recursos Termales.
- o) Otorgar mandatos especiales y generales.
- p) Disponer instrucciones de sumarios e investigaciones administrativas de conformidad con las normas provinciales.

ARTICULO 24º.- Son atribuciones del Presidente del Directorio:

- a) Ejercer la representación legal del Ente, para todos los actos judiciales y extrajudiciales.
- b) Convocar y presidir las sesiones del Directorio.
- c) Dar a publicidad, ejecutar o hacer cumplir las resoluciones del Directorio.
- d) Entender en todos los actos de administración general, relacionados con el objeto del Ente.

ARTICULO 25º.- Constituye el patrimonio del E.R.R.T.E.R.:

- a) Los bienes de propiedad de la Provincia y cedidos al Ente.
- b) Sus ingresos ordinarios y extraordinarios.
- c) Los créditos, valores, derechos y otros bienes muebles e inmuebles que adquiera.
- d) Las donaciones, subvenciones, herencias y legados que reciba.

ARTICULO 26º.- Los recursos del E.R.R.T.E.R. se formarán con los siguientes ingresos:

- a) Los fondos que le acuerde la Ley de Presupuesto y Leyes Especiales.
- b) Lo percibido por tasas, derechos de exploración y aranceles por servicios a terceros, cánones por concesión y multas que deban pagar los concesionarios.
- c) Cánones por concesiones de exploración, explotación y servicios.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

- d) Las contribuciones especiales, adicionales, recargo, multa, decomisos, intereses y actualizaciones que imponga el ejercicio del poder de policía conferido por esta Ley.
- e) Los aranceles de inspección y control que se cree para tal fin.
- f) Los intereses y beneficios resultantes de la gestión de sus propios fondos.

CAPITULO V

DEL FONDO DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO TERMAL, DEL AGUA, EL SUELO Y EL AMBIENTE

ARTICULO 27º.- Créase el FONDO PARA LA CONSERVACION DEL RECURSO TERMAL, EL AGUA, EL SUELO Y EL AMBIENTE, que habrá de constituirse con el 50 % del total de los recursos que por todo concepto les sean cobrados a los concesionarios de explotación de recursos termales. Dicho fondo será administrado por el E.R.R.T.E.R. y deberá aplicarse a los siguientes fines:

- Financiar estudios sobre el recurso termal y sus usos alternativos, en miras a la conservación y preservación de los volúmenes de agua apta para el consumo humano preexistente, del propio recurso termal, de la biodiversidad, de los demás recursos naturales y del ambiente.
- Desarrollar y/o definir proyectos y obras de disposición transitoria o final de los recursos termales, su evacuación, desalinización o retorno al nivel originario, sin perjuicio ambiental.

CAPITULO VI

DE LOS PERMISOS DE EXPLORACION Y DE LAS CONCESIONES DE EXPLOTACION

De los permisos de exploración.

ARTICULO 28º.- Para perforar con el fin de captar aguas termales será requisito indispensable obtener previamente el Permiso de Exploración del Recurso expedido por el Poder Ejecutivo; la solicitud de dicho permiso deberá tramitarse ante el E.R.R.T.E.R. y contendrá la siguiente información:

- a) Individualización del solicitante con sus domicilios real y legal.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

- b) Identificación del recurso que desea explorar.
- c) Plano de mensura del inmueble donde se efectuara la exploración.
- d) Copia debidamente certificada del título de dominio.
- e) Estudio de prefactibilidad de explotación del recurso termal, realizado por un profesional con incumbencia en la materia, matriculado en la Provincia.
- f) Informe ambiental preliminar o estudio de impacto que determine la línea de base para el estudio del impacto ambiental posterior realizado por un profesional con incumbencia en la materia, matriculado en la provincia.
- g) Autorización municipal, cuando la perforación esté ubicada dentro del Ejido de un municipio.

ARTICULO 29º.- El estudio requerido en el Inciso e) del artículo precedente, contendrá como mínimo:

a) Informe hidrogeológico, que deberá incluir:

a.1.-) Plano de área en estudio en escala mayor o igual a 1:50.000 involucrando un área mínima de 200 km².

a.2.-) Estudio hidro - geológico, incluyendo:

1- Estudio geológico - estratigráfico para determinar niveles portadores del recurso termal.

2- Desarrollo de un modelo de 3D de la cuenca para el área de estudio.

3- Perfil estratigráfica del área como modelo de interpretación geofísica.

a.3.-) Estudio geofísico, incluyendo:

1. Determinación del corte eléctrico de la zona estudiada, destacándose la resistividad del horizonte profundo probable portador del recurso termal.

2. Estimación de la profundidad probable de circulación o yacencia de posibles niveles portadores de recursos termales.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

3. Estimación, sobre la base de los parámetros geofísicos, de las características químicas del recurso termal (dulce, salobre o salada).
4. Estimación de temperaturas en el subsuelo a base del grado geotérmico.
5. Establecimiento del perfil estratigráfico en el sector de la perforación para definir las características del pozo. Si los estudios indirectos mencionados no estimaren las características del subsuelo, el Ente estará facultado para exigir la ejecución de un pozo de exploración a los fines de precisarlas.
6. Evaluación preliminar del impacto de la extracción, sobre perforaciones vecinas.

b- Anteproyecto de la perforación, con base en el diagnóstico resultante del informe previo, que incluya:

1- Memoria descriptiva.

2- Diagrama tentativo del entubamiento total.

c- Estimación del volumen del recurso termal que se pretende extraer.

d- Anteproyecto de la obra para evacuación del recurso termal residual.

e- Certificación de la firma de los profesionales actuantes.

ARTICULO 30º.- El permiso de exploración será expedido por el Poder Ejecutivo Provincial, previo dictamen técnico jurídico del E.R.R.T.E.R., que deberá expresar:

- a) El solicitante a cuyo favor se extiende.
- b) Identificación del inmueble en el que habrá de efectuarse la exploración, expresando: ubicación, dimensión y nomenclatura catastral.
- c) Características del pozo de exploración a construir.
- d) Validez temporal del permiso.

ARTICULO 31º.- El permiso de exploración tendrá una validez de dos años, a partir de la fecha de su otorgamiento, a cuyo vencimiento caducará. Las obras deberán iniciarse en un plazo de seis meses, y concluirse dentro del plazo habilitado.

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|

ARTICULO 32º: Si existiera concurrencia de solicitudes de permisos de exploración, que por alguna razón se excluyan entre sí, a los fines del otorgamiento del permiso se preferirá aquella presentada con antelación. En este caso el plazo de vigencia será de un año, debiendo concluirse las obras dentro del plazo habilitado.

ARTICULO 33º.- El inicio de los trabajos de perforación deberá notificarse al E.R.R.T.E.R. con quince (15) días de anticipación, a los fines de cumplimentar las inspecciones técnicas pertinentes. Deberá acompañarse un cronograma de obras, comunicando su avance mensualmente y/o antes, en aquellos casos en que el Ente así lo determine en virtud de las características de los trabajos a desarrollar.

ARTICULO 34º.- Queda prohibida la construcción de pozos para captar recursos termales sin la previa obtención del permiso de exploración expedido por la autoridad competente.

De la explotación y preservación.

ARTICULO 35º.- Dentro de los ciento ochenta (180) días siguientes a la conclusión de la perforación, previa certificación del E.R.R.T.E.R., se deberá iniciar el trámite para obtener la concesión de explotación del recurso, la que será otorgada por Decreto del Poder Ejecutivo Provincial, mediante Contrato de Concesión.

ARTICULO 36º.- La solicitud de explotación del recurso termal contendrá los siguientes datos:

- a) Individualización del solicitante, con su domicilio real y legal.
- b) Permiso de exploración vigente.
- c) Descripción, ubicación y dominio del inmueble sobre el que se pide la autorización.
- d) Informe de factibilidad de explotación.
- e) Plan de contingencias por riesgo de la actividad.
- f) Acreditar una evolución mínima de obras del setenta por ciento (70 %), cuando se trate de permisos otorgados en virtud de lo dispuesto en el Artículo 48º, Incisos b) y c).

ARTICULO 37º.- El informe de factibilidad de explotación solicitado en el Artículo 36º, Inciso d) de la presente Ley, deberá ser efectuado por profesional matriculado en la Provincia de Entre Ríos, con incumbencia profesional en la materia, y deberá contener:

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

a) Memoria Técnica de la perforación que incluya lo siguiente:

1) Plano de ubicación del pozo.

2) Cota de la boca del pozo.

3) Perfil lito estratigráfico con sus correspondientes profundidades y cotas.

4) Diagrama de entubamiento total.

5) Resultado de los ensayos de extracción o bombeo incluyendo: caudal, niveles o presiones, caudal característico, transmisividad, permeabilidad.

6) Protocolo de análisis físico químico, bacteriológico y de potabilidad.

7) Perfilaje múltiple de pozo por métodos geofísicos.

b) Estudio completo de impacto ambiental, que contendrá como mínimo: evaluación del posible impacto ambiental sobre el sistema acuífero en el área de influencia, suelos, cursos superficiales de agua, ecosistemas de la zona y fórmulas de remediación o atenuación del impacto negativo.

c) Plan de monitoreo y gestión que abarque las áreas cubiertas por el estudio de impacto ambiental.

d) Certificación de la firma de los profesionales actuantes.

ARTICULO 38º.- El acto que otorgue la concesión de explotación del recurso termal en tierras de dominio público provincial estará reglado por las disposiciones de la Ley N° 6.351 de Obras Públicas, Decreto Reglamentario N° 958/79 S.O.S.P. y sus modificatorias.

ARTICULO 39º.- El Decreto que autorice la concesión de explotación determinará:

a) El Permisionario.

b) El inmueble donde se autoriza la explotación, expresando su ubicación, dimensiones y nomenclatura catastral.

c) Las obligaciones del concesionario.

d) Normas particulares para el volcamiento del recurso termal residual.

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

- e) Normas de monitoreo de la fuente y del medio ambiente.

ARTICULO 40º.- Si algún impedimento de hecho o de derecho afectare la viabilidad del proyecto y el Poder Ejecutivo los considerara relevantes para denegar la concesión, serán notificados fehacientemente al solicitante en un plazo no mayor a los sesenta (60) días corridos. El plazo para subsanar los vicios será establecido en la denegatoria, y nunca será mayor a ciento veinte días, admitiendo la interposición de los recursos que habilita la Ley de Procedimientos Administrativos de la Provincia.

Sobre la disminución de los caudales.

ARTICULO 41º.- El Estado provincial no responderá por la disminución natural de los caudales ni por la debida a caso fortuito, fuerza mayor y/o averías ajenas a la acción del Estado.

Sobre las revocaciones.

ARTICULO 42º.- Por razones de interés general el Poder Ejecutivo podrá revocar cualquier concesión de explotación de los recursos termales.

Sobre el cegado de los pozos.

ARTICULO 43º.- El Poder Ejecutivo deberá disponer, por acto fundado y previo dictamen del E.R.R.T.E.R. sobre el particular, el cegado de cualquier pozo para extracción de recursos termales, en los siguientes casos:

- a) Cuando la perforación no haya tenido resultados satisfactorios o no cumpla con los fines declarados en los pedidos respectivos.
- b) Cuando no se cumplan las condiciones del permiso autorizante.
- c) Cuando se determine fehacientemente que por deficiencias constructivas, mal uso o cualquier otra razón, se esté causando un daño ambiental grave o se ponga en peligro la salud o los bienes de las personas.
- d) Cuando no se cumpla en tiempo y forma con las presentaciones y/o solicitudes establecidas en la presente Ley y dicha mora se prolongue por más de ciento veinte (120) días.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

ARTICULO 44º.- El E.R.R.T.E.R. determinará las especificaciones a cumplir para el cegado de pozos y las someterá a su inspección técnica.

ARTICULO 45º.- El E.R.R.T.E.R. podrá cegar un pozo a cuenta de los responsables cuando fuera desobedecida la intimación de hacerlo o las obras no se concluyan dentro del plazo fijado a tal efecto.

Sobre los seguros de caución.

ARTICULO 46º.- Para obtener el permiso de exploración o la concesión de explotación reglados en la presente Ley, el interesado deberá constituir a favor del Gobierno de la Provincia por el tiempo que duren las obras y la concesión un seguro de caución cuyo monto determinará el Ente Regulador en cada caso. Asimismo, el Poder Ejecutivo Provincial se reserva la facultad de requerir la ampliación o sustitución de dicha garantía.

CAPITULO VII

CRITERIOS DE PLANIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD TERMAL

ARTICULO 47º.- El Poder Ejecutivo Provincial expedirá permisos de exploración de recursos termales, sin perjuicio de las perforaciones existentes a la fecha de entrada en vigencia de la presente Ley, de acuerdo a los siguientes criterios y limitaciones, y siempre respetando una distancia entre pozos que no sea inferior a los diez kilómetros (10 kms.):

- a) Un (1) permiso por cada ejido municipal.
- b) Otro permiso dentro de los ejidos municipales, únicamente cuando se trate de un proyecto turístico que contengan, como mínimo, servicios de hotelería y gastronomía categorizados como de cuatro estrellas de acuerdo a estándares internacionales y hayan sido declarados de interés por Ordenanza Municipal.
- c) Otros permisos fuera de los ejidos municipales, únicamente cuando se trate de proyectos urbanísticos integrales con orientación turística, que respeten una distancia mínima de diez kilómetros (10 kms.) de los ejidos municipales y se desarrollen en una superficie mínima de terreno de veinte hectáreas (20 Has.), debiendo además incorporar una superficie mínima cubierta de veinte mil metros cuadrados (20.000 m²), incluyendo servicios de hotelería y gastronomía categorizados como de cinco estrellas de acuerdo a estándares internacionales. Si el municipio colindante declarara de interés la iniciativa por

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

Ordenanza Municipal, los requisitos precedentes se darán por cumplimentados o reducidos en la medida en que en ella se disponga.

ARTICULO 48°.- Si un pozo debidamente autorizado sufriera problemas o inconvenientes técnicos que impidieran la continuidad de la explotación, el E.R.R.T.E.R. procederá a verificar tal situación, para analizar la aprobación de una nueva perforación, previo cegado del primero.

CAPITULO VIII

DE LOS RECAUDOS PROPIOS DE LA GESTION

ARTICULO 49°.- La gestión autorizada de recursos termales, su estudio, exploración, uso o aprovechamiento, impone para quien la realice además de las obligaciones particulares del Contrato de Concesión, las siguientes:

- a) Aplicar técnicas eficientes y eficaces que eviten el desperdicio y la degradación del agua, el subsuelo y el ambiente en general.
- b) Instalar los instrumentos que sean necesarios para medir la temperatura y el caudal del fluido termal que se derive, consuma, inmovilice o comprometa en la explotación.
- c) Construir y mantener operativas y en condiciones de seguridad las instalaciones y obras hidráulicas.
- d) Suministrar la información y las muestras sobre el recurso termal que alumbre, sobre las estructuras geológicas que los contengan y sus ensayos hidráulicos, permitiendo las observaciones y mediciones que disponga la Autoridad de Aplicación.
- e) Dejar el agua, la tierra y los demás bienes afectados por las actividades realizadas de modo tal que no causen peligro a las personas o a las cosas.
- f) No destruir ni retirar las obras realizadas cuando dicha destrucción o retiro causare daño o peligro a personas o cosas, o así lo impusiere el permiso otorgado.
- g) Mantener actualizado y operativo el plan de contingencia presentado en virtud del requerimiento impuesto en el Artículo 36º, Inciso e).
- h) Disponer el volcamiento del recurso termal residual, por vertido directo o indirecto, con o sin tratamiento de dilución de salinidad, o por reinyección a su

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

nivel subterráneo originario, según la alternativa que aconsejen las condiciones físico-químicas del agua, la tecnología disponible y las características propias del lugar, utilizando en las obras que a tal efecto se construyan artes y materiales técnicamente aptos para tal propósito.

ARTICULO 50º.- Quien obtenga autorización para gestionar recursos termales cumplimentará el plan de monitoreo y gestión exigido en el Artículo 37º, Inciso c), por el cual se deberá:

a) Llevar un registro informatizado de los siguientes datos:

1 - De relevamiento periódico sobre temperatura, calidad físico-química del recurso, niveles piezométricos, caudales y cálculo de volúmenes diarios de extracción por pozo.

2 - De la caracterización geofísica de la zona, determinando puntos fijos para parámetros geoelectrónicos iniciales mediante sondeo eléctrico vertical como mínimo en cada pozo termal, de reinyección, de agua potable, mediante la utilización de piezómetros de monitoreo. Estos controles deberán efectuarse hasta la base del acuífero dulce (Ituzaingó, Salto Chico, Paraná) para conseguir un alerta temprana del mismo.

3 – De control bacteriológico de los vertidos de agua potable y no potable, tanto en pozos de reinyección como de cualquier naturaleza, incluyendo además datos de caudales finales, temperatura y composición físico-química.

b) Delimitar las zonas de protección de los pozos o perímetros de riesgo, con análisis detallado de condiciones hidrogeológicas, hidroquímicas y sanitarias del sector de explotación. Este perímetro deberá ajustarse al avanzar en los estudios pertinentes, promoviéndose su inclusión en el modelado correspondiente al sistema a futuro, fijándose fajas de seguridad.

c) Construir piezómetros y pozos de ensayos hidrogeológicos y realizar estudios con equipos de precisión, para argumentación con cálculo, reafirmando y controlando con modelado.

Los piezómetros serán tres (3) como mínimo y un máximo inicial de seis (6), distribuidos adecuadamente para monitorear todo el predio. En acuíferos de reinyección deberán construirse de manera que permitan el bombeo para ensayos y la extracción en el sentido del escurrimiento. Los piezómetros podrán utilizarse para verificar regularmente, con rigor científico, los parámetros hidrogeológicos, la calidad y la temperatura de los acuíferos, y serán sometidos a pruebas de idoneidad mediante extracción e inyección, construyendo gráficos descenso - tiempo y niveles – tiempo, hasta recuperar el nivel estático.

Todos los pozos que se construyan, cualquiera sea su finalidad, deberán estar realizados con material de calidad que asegure su mayor aislación y protección.

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

En los pozos de reinyección se verificarán niveles de corrosión o fisuras mediante instrumentos precisos, controlando la presión por gravedad o forzada que se produzca, para detectar colmatación o fracturación hidráulica o ruptura de algún elemento del pozo.

- d) Determinar parámetros básicos de cálculo, mediante ensayos hidrogeológicos cuali y cuantitativos, con estudio de muestras testigo y aplicando distintos tipos de perfilaje. Deberán obtenerse particularidades litológicas estructurales, de propagación.

ARTICULO 51°.- Quien perfore el subsuelo por cualquier título o motivo también deberá suministrar a la Autoridad de Aplicación toda la información sobre el recurso termal que alumbré y sobre las estructuras que lo contenga.

ARTICULO 52.- Todos los concesionarios de explotación de recursos termales deberán presentar anualmente una declaración de estado ambiental, elaborada por un profesional matriculado con incumbencia en medio ambiente, en la que consten los monitoreos efectuados durante ese período.

CLAUSULAS TRANSITORIAS

ARTICULO 53°.- Las explotaciones y/o perforaciones existentes deberán adecuarse a las disposiciones de la presente Ley, facultándose al Poder Ejecutivo a otorgar plazos especiales a tal efecto, cuando ellos sean solicitados en virtud de la complejidad de las obras que deban realizarse y así lo aconseje la Autoridad de Aplicación. Los compromisos de cumplimiento de tales adecuaciones serán incorporados al Contrato de Concesión.

ARTICULO 54°.- Hasta tanto sea puesto en funcionamiento el E.R.R.T.E.R., las facultades y atribuciones que la presente Ley le otorga serán ejercidas por la Autoridad de Aplicación que establece el Decreto N° 3413/98.

ARTICULO 55°.- El Poder Ejecutivo Provincial reglamentará la presente Ley dentro del plazo de ciento ochenta (180) días de su promulgación.

ARTICULO 56°.- Se autoriza al Poder Ejecutivo Provincial a realizar las modificaciones presupuestarias que resultan necesarias a los fines del pleno funcionamiento del Ente que por la presente Ley se crea.

ARTICULO 57°.- Dispónese la creación de tres (3) cargos de personal superior fuera del Escalafón y tres (3) cargos en planta permanente con destino al Ente. Fijase el cupo de la planta del personal temporario en la cantidad de cinco (5).

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Ley N° 9678 Autor S. D. Castrillón, Engelmann, Bahillo, Fuertes, Bolzan | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 Boletín Oficial: 28/02/06 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|

ARTICULO 58°.- Sin perjuicio de lo establecido en el Artículo anterior y a los efectos del funcionamiento pleno del E.R.R.T.E.R. la planta permanente del mismo podrá ser conformada con reubicación y/o nuevo destino del personal de la actual planta permanente de la Administración Provincial con especialidad en las ramas que hacen al objeto, funcionamiento y cumplimiento de los fines del mismo.

ARTICULO 59°.- Comuníquese, etcétera.

PARANA, SALA DE SESIONES, 20 de Diciembre de 2005.

Pedro Guillermo GUASTAVINO
Presidente H. C. de Senadores

Sigrid KUNATH
Secretaria H. C. de Senadores

Orlando V. ENGELMANN
Presidente H. C. Diputados

Elbio GOMEZ
Secretario H. C. Diputados

| | | |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Ley N° 9678 | Constituye el objeto de la presente Ley establecer el marco Regulatorio del manejo de los recursos termales que se gestionen con fines terapéuticos, medicinales, recreativos y/o turísticos. Sancionada el 20-12-05 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 27/02/06 |
| Autor S. D. | | Boletín Oficial: 28/02/06 |
| Castrillón, | | |
| Engelmann, | | |
| Bahillo, | | |
| Fuertes, | | |
| Bolzan | | |

**LA LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE ENTRE RIOS SANCIONA CON FUERZA
DE**

L E Y :

ARTICULO 1°.- Modifícanse los Artículos 27º y 47º de la Ley Nº 9678, los que quedarán redactados de la siguiente manera:

Artículo 27º: Créase el FONDO PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO TERMAL, EL AGUA, EL SUELO Y EL AMBIENTE, que habrá de constituirse con el 50% del total de los recursos que por todo concepto les sean cobrados a los concesionarios de explotación de recursos termales. Dicho fondo será administrado por el E.R.R.T.E.R. y deberá aplicarse a los siguientes fines:

- Financiar estudios sobre el recurso termal y sus usos alternativos, así como de contaminación de acuíferos por salinización, en miras a la conservación y preservación de los volúmenes de agua apta para el consumo humano preexistente, del propio recurso termal, de la biodiversidad, de los demás recursos naturales y del ambiente.
- Desarrollar y/o definir proyectos y obras de disposición transitoria o final de los recursos termales, su evacuación, desalinización o retorno al nivel originario, sin perjuicio ambiental.
- Promover la creación de un Laboratorio Modelo de Referencia para análisis y estudio del recurso termal y de la calidad del agua superficial y subterránea, cualquiera sea su uso.
- Crear una reserva específica para remediación por daño ambiental, que podrá ser utilizada únicamente en situaciones de grave emergencia ecológica o ante la inacción contumaz del concesionario responsable. En todos los casos, los gastos atendidos ante el hecho o amenaza grave o inminente de daño ambiental en o a consecuencia de la perforación o explotación de un pozo de recurso termal, serán atribuidos al concesionario del mismo, imponiéndose su devolución en el plazo y la forma en que el Ente lo determine. Para el caso, la certificación de deuda expedida por el Presidente y el Contador del Ente tendrá la eficiencia de título ejecutivo. El incumplimiento de pago por el concesionario será considerado falta grave, en los términos y con las

| | | |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| | Modifícanse los Artículos 27º y 47º de la Ley Nº 9678. Créase el FONDO PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO TERMAL, EL AGUA, EL SUELO Y EL AMBIENTE. Sancionada el 23/05/06 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 12/06/06 |
| | | Boletín Oficial: 16/06/06 |

consecuencias previstas en el Artículo 14, inciso b) apartado 7 de la presente Ley.

Artículo 47º: El Poder Ejecutivo provincial expedirá permisos de exploración de recursos termales, sin perjuicio de las perforaciones existentes a la fecha de entrada en vigencia de la presente Ley, de acuerdo a los siguientes criterios y limitaciones, y siempre respetando una distancia entre pozos que no sea inferior a los diez kilómetros (10 kms.):

- a) Un (1) permiso por cada ejido municipal.
- b) Otro permiso dentro de los ejidos municipales, únicamente cuando se trate de proyectos turísticos que contengan, como mínimo, servicios de hotelería y gastronomía categorizados como de cuatro estrellas de acuerdo a estándares internacionales y hayan sido declarados de interés por Ordenanza Municipal.
- c) Otros permisos fuera de los ejidos municipales, únicamente cuando se trate de proyectos urbanísticos integrales con orientación turística, que respeten una distancia mínima de diez kilómetros (10 kms.) de los ejidos municipales, y se desarrollen en una superficie mínima de terreno de veinte hectáreas (20 Has.) e incorporen una superficie mínima cubierta de veinte mil metros cuadrados (20.000 m2), incluyendo servicios de hotelería y gastronomía categorizados como de cinco estrellas de acuerdo a estándares internacionales, previa declaración de interés municipal por Ordenanza del Municipio próximo.

ARTICULO 2º.- Comuníquese, etc..-.

Sala de Sesiones. Paraná, 23 de Mayo de 2006.

HÉCTOR J. STRASSERA
Vicepresidente 1º H. Cámara Senadores
a/c Presidencia

ORLANDO V. ENGELMANN
Presidente H. Cámara Diputados

SIGRID KUNATH
Secretaria H. Cámara Senadores

ELBIO R. GÓMEZ
Secretario H. Cámara Diputados

| | | |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| | Modifícanse los Artículos 27º y 47º de la Ley Nº 9678. Créase el FONDO PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO TERMAL, EL AGUA, EL SUELO Y EL AMBIENTE. Sancionada el 23/05/06 en la Honorable Cámara de Diputados – Presidida por el Dr. Orlando Engelmann | Promulgación: 12/06/06 |
| | | Boletín Oficial: |

CAPITULO 4

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 4.1 Conclusiones | 181 |
| 4.1.1 General..... | 181 |
| 4.1.2 Específicas | 181 |
| 4.1.2.1 Desde lo técnico..... | 181 |
| 4.1.2.2 Desde lo geológico | 181 |
| 4.1.2.3 Desde lo hidrogeológico | 181 |
| 4.1.2.4 Desde lo hidroquímico..... | 182 |
| 4.1.2.5 Desde lo ambiental..... | 182 |

4.1 Conclusiones

En el presente capítulo se detallan, en primer término, las conclusiones obtenidas de manera general para luego describir en particular aquellas alcanzadas desde el punto de vista técnico, geológico, hidrogeológico e hidroquímico.

Asimismo se ha considerado conveniente realizar recomendaciones que orienten, no solo a un manejo adecuado del recurso protegiendo su disponibilidad, sino que también se respete la vulnerabilidad del entorno natural que rodea a cada centro termal.

Como corolario se plantean una serie de propuestas, tendientes a propiciar la diversificación de las aguas termominerales provinciales, garantizando la sustentabilidad del recurso no solo en los aspectos medioambientales, sino también en el aspecto económico.

4.1.1 General

Se cumple con el objetivo propuesto, ya que no solo se compila y analiza un cúmulo de información técnica, geológica, hidrogeológica e hidroquímica, de diferentes estudios parciales, que permiten la validación del Modelo Geohidrológico e Hidroquímico Conceptual existente, sino que también producto de una información más detallada y actualizada se incorporan nuevos conceptos para la redefinición del mismo, permitiendo a los futuros proyectos que se pretendan realizar dentro del ámbito provincial anticipar yacencia y naturaleza y del recurso.

4.1.2 Específicas

4.1.2.1 Desde lo técnico

Se aportan los procedimientos metodológicos para las tareas de exploración y explotación de las aguas termominerales.

Se establecieron los pasos de control para desarrollar una perforación de explotación del recurso termal.

Se normalizó la denominación técnica de las perforaciones.

4.1.2.2 Desde lo geológico

A través de nuevos puntos de control se definió con mayor precisión el techo de la Formación Serra Geral y el espesor de la cobertura sedimentaria ayudando a una mejor comprensión de los procesos de geodinámica interna del subsuelo profundo de Entre Ríos.

La correlación estratigráfica realizada aporta elementos de juicio para una mejor comprensión geológica del sector de la cuenca estudiado.

4.1.2.3 Desde lo hidrogeológico

Se genera información para inferir los caudales de posible extracción en futuros emprendimientos.

4.1.2.4 Desde lo hidroquímico

Se elaboró un nuevo modelo conceptual de funcionamiento del sistema hidroquímico provincial, basado no solo en la mineralización, sino también en la yacencia del recurso.

Se determinó con precisión, la composición físico química de las aguas termominerales de cada uno de los sectores estudiados permitiendo además detectar la presencia de elementos minoritarios y trazas no considerados hasta el presente, que permiten precisar el origen de las aguas termominerales.

4.1.2.5 Desde lo ambiental

Se elaboró un Modelo de Gestión Integral de la explotación del efluente termal y de las actividades asociadas, garantizando un uso sustentable del recurso; basado en prolongar la permanencia del recurso dentro del conjunto de piletas pues de esta manera se produce un menor impacto sobre el sistema receptor.

Se determinó una línea de base en la definición de la frecuencia y sitios de muestreos, aguas arriba y abajo de los cuerpos receptores señalando además la necesidad de realizar relevamientos que abarquen todos los factores vinculados a la explotación del recurso, suelo, aguas superficiales y subterráneas, flora y fauna.

Se elaboran nuevas propuestas para diversificar el uso del recurso hidrogeotérmico.

- Se definen criterios de manejo del efluente y se han identificado acciones a incorporar en la política de gestión existente.
- Se aportan elementos de juicio para la planificación integral de futuros trabajos exploratorios atendiendo a preservar la biodiversidad mediante la protección de los ecosistemas.
- Se ha generado un inventario actualizado de los recursos termales disponibles, y mapeo integral del territorio provincial respecto del mismo.
- Se ha aportado información adicional generada en el marco de esta tesis al conocimiento del efluente termal para su mejor aprovechamiento.
- Se concluye que, si bien el tratamiento actual del efluente, la dilución, es el más conveniente, la concentración excesiva de ciertos elementos químicos implica afectar grandes volúmenes de agua dulce, para realizar el proceso, lo que perjudica la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos más someros actualmente utilizados para usos alternativos como consumo humano, riego y abrevado de animales.

Por último y atendiendo, que la problemática no radica solo en la cantidad; calidad físico-química del recurso y su disponibilidad, sino también en su tratamiento; se concluye que es una actividad sostenible tanto del punto de vista medioambiental como de la explotación del recurso.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F. (1976)** Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. Asociación Geológica Argentina Revista 31: 61- 62, Buenos Aires.
- Acmelab.com/services/method-descriptions/water/** www.acmelab.com (Consulta 12 de Diciembre de 2010).
- Ainchil, J. 2003** Prospección geoeléctrica con fines hidrotermales en Gualeguay. Entre Ríos. Universidad Nacional de La Plata. Inédito.
- American Public Health Association. APHA, (1992)** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 Edition. Washington. pp. 2-26 - 2-27.
- Antonio Castro Dorado (1959)** Petrografía básica, Textura, clasificación y nomenclatura de rocas Editorial Paraninfo Madrid pp 81 a 85.
- Araujo, L., Francia, A. y Potter, P. 1995.** Acuífero Gigante del MERCOSUR en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Mapas hidrogeológicos de las formaciones Botucatú, Piramboia, Rosario do Sul, Buena Vista, Misiones y Tacuarembó. UFPR y Petrobras. 16 pp. Curitiba.
- Auge, M, Hernández M y Hernández L., (2002).** Actualización del conocimiento del acuífero semiconfinado Puelche en la provincia de Buenos Aires, UNESCO (II), 1019-1043. Buenos Aires Argentina.. En: Groundwater and Human Development, pp. 624-633.
- Auge, M. (2004)** Regiones hidrogeológicas de la Republica Argentina.
- Benítez, J. 1996** Informe final Pozo Colón–1(E. R.). Municipalidad de Colón (E.R.) Inédito.
- Benítez, J. 1997** Informe final Pozo Villa Elisa-1(E R.).Termas Villa Elisa 1 (E.R.) Inédito.
- Benítez, J., Mársico, D. (1999)** Informe Final Pozo Gualeguaychú - 1. Termas del Guaychú S. A.. Gualeguaychú (E.R.). Inédito.
- Benítez, J.; Mársico, D. (2000)** Contribución al conocimiento del Subsuelo de Entre Ríos El pozo Gualeguaychú – 1. XV Congreso de Geología El Calafate, Santa Cruz, Argentina.
- Betejtin, A. (1977)** Curso de Mineralogía - Tercera edición. Editorial Mir. Moscú. 737 pp.
- Bravard, A. (1858)** Monografía de los terrenos marinos terciarios de las cercanías del Paraná.- Imprenta del Registro Oficial. 107 pp. Paraná. (Reimpreso por la Imprenta del Congreso de la Nación, 1995).Buenos Aires.
- Cabrera, A. (1976).** Regiones fitogeográficas Argentinas. En: Kugler, W. F. (ed.): Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2º ed. Tomo II. Fasc. I. Acme, Bs. As.
- Castellanos, A. (1965)** Estudio fisiográfico de la Provincia de Corrientes. Universidad Nacional del Litoral, Instituto de Fisiografía y Geología Publicación 49: 1-222, Rosario.

Chebli, G., Tófalo, O. y G. Turazzini, G. (1989). Mesopotamia. En: Chebli, G. y L. Spalletti (Ed.) Cuencas Sedimentarias Argentinas. Universidad Nacional de Tucumán, Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica N° 6: 79-100 pp, Tucumán.

De Alba, E., (1953) Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. Asociación Geológica Argentina Revista 8 (3): pp. 129-16.1 Buenos Aires.

De Alba, E. y Serra, N. (1959) Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Informe sobre las condiciones y características geológicas. Dirección Nacional de Geología y Minería. Anales 11, Buenos Aires.

De Santa Ana Alvarez, H.B. (2004) Analise Tectono-estratigráfica das seqüências Permianotriássica e Jurássica da bacia Chacoparanaense Uruguia ("Cuenca Norte") Capítulo IV pág. 160. Estratigrafía Genética Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Río Claro.

Derby, O., (1879). On the Diamond Region of the Province of Paraná. American Philosophical Society Proceedings, Washington.

Díaz, E. L., Dalla Costa, O. A. (2006) Estudios geoelectricos para alumbramiento de aguas termominerales en Santa Ana. Licitación privada N° 06/2006, 19 páginas. Inédito.

Díaz, E. L., Dalla Costa, O. A. (2011) Estudios para la realización de una perforación de explotación con fines termales en la ciudad de Federal. FUNDAGRO. Paraná. Entre Ríos. Inédito.

Díaz, E. L., Dalla Costa, O. A. (2011) Estudios para la realización de una perforación de explotación con fines termales en la localidad de Villa Urquiza. Inédito

Díaz, E. L., Dalla Costa, O. A. (2011) Estudios para la realización de una perforación de explotación con fines termales en la ciudad de San Jaime de la Frontera. FUNDAGRO. Paraná. Entre Ríos. Inédito.

Díaz, E. (2012). Análisis estadístico de los efluentes termales de la Provincia de Entre Ríos. Inédito.

D'Orbigny, A. (1842) Voyage dans l'Amerique Meridionale.- Volume 3 Paleontologie; Paris (Pitoislevrautet et Cie).

Enric Vázquez-Suñé (2009) En Hidrología Conceptos Básicos de Hidrología Subterránea FCIHS Barcelona 2009 capítulo 7 Hidroquímica página 426.

ERRTER (2008). Presentación de trabajo. Décimo Congreso de Turismo en Entre Ríos. Junio de 2008.

Fernández Garracino, C y A. Vrba (2000). La formación Paraná aspectos estratigráficos y estructurales de la región chacoparanaense. En Aceñolaza, F y Herbst, R (Ed). El Neógeno de Argentina. Facultad de Ciencias naturales e Instituto Miguel Lillo de la

Universidad Nacional de Tucumán, INSUGEO, Serie Correlación Geológica 14: pp. 139-145, Tucumán.

Fernández, R. (2004) La técnica de Plasma Masas (ICP-MS) http://www.uam.es/personal_pas/txrf/icpms.html. Consulta, Julio de 2012.

Fili, M., Tujchneider, O., Perez, M. y Paris, M., (1994). Investigaciones geohidrológicas en la provincia de Entre Ríos. En: Temas actuales de la Hidrología Subterránea. Bocanegra y Rapaccini (Ed.). Consejo Federal de Inversiones y Universidad Nacional de Mar del Plata: pp. 299-313, Mar del Plata.

Fourous, A., (1904). Reconocimiento geológico del Territorio de Misiones. Con mapa geológico. Ministerio de Agricultura Anales (Sección Geología, Mineralogía y Minería) 1(1), Buenos Aires.

García, D., Crespo, G., Vásquez, F. (2003) PRODINTA S.A. Factibilidad de Explotación del Recurso Termal. Complejo Villa Zorraquín, Concordia Entre Ríos.

GEOCONSULT (1996). Proyecto y dirección perforación de pozo. Concordia. Entre Ríos.

GEOCONSULT (2000). Informe final pozo explotación La Paz 1. Entre Ríos Inédito.

Geología Regional Argentina (1979) Segundo Simposio. Volumen I y II. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Ediciones LIBRART. Páginas 185 a 223.

Geología Argentina (1999). Secretaria de Minería de la Nación-SEGEMAR. Servicio Geológico Minero Argentino. Andrés Amaya Impresiones Capítulo 20.

González, S. (1994) Demostrativo de Obra – Partes de Perforación - Sondeo Federación 3 pp.

Goso, C., Piñeiro, G., de Santa Ana, H. Rojas, A., Verde, M. , Alves, C. (2001) Caracterización estratigráfica de los depósitos continentales cuspidales neo pérmicos (Formaciones Yaguiarí y Buena Vista en el borde oriental de la cuenca norte uruguaya. XI Congreso Latinoamericano de Geología y III Congreso Uruguayo de Geología. Montevideo, 12 al 16 Noviembre. Geología Regional y Estratigrafía UNESCO. Montevideo Montevideo. ROU p. 15

Groeber, P. (1938) Mineralogía y Geología. Espasa Calpe Argentina 1- 492. Buenos Aires.

Groeber, P., (1961) Contribución al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. Provincia de Buenos Aires, Comisión de Investigaciones Científicas Anales 2: pp. 9-54. La Plata.

Halliburton (1998) Análisis de perfil y ensayo. Pozo Entre Ríos - Gualedguaychú 1. 2 pp.

Herbst, R. y Santa Cruz, J. (1985) Mapa litoestratigráfico de la provincia de Corrientes. *D´Orbinyana*. 2. 1- 69. Corrientes.

Huincan S.R.L. (1997) Ensayo de formación pozo Termas Concepción del Uruguay S.A. Inédito 10 pp.

Ingesur S.R.L. (2008) Prospección geofísica (AMT-MT) aplicada al Acuífero Guaraní Tomo I Volumen 6 Geología y Geofísica. Geodatos.

Instituto Nacional de Prevención Sísmica [http://www.inpres.gov.ar/Ing_Sismorres/Zonificación Sísmica](http://www.inpres.gov.ar/Ing_Sismorres/Zonificación_Sísmica). Consulta, Marzo de 2012.

Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas (IUPA). Universidad Jaume I de Castellón. Grupo de Investigación de Recursos Hídricos, en <http://www.agua.uji.es/>. Consulta, Mayo de 2012.

Iriondo, M. (1987) Geomorfología y Cuaternario de la provincia de Santa Fe (Argentina). D` Orbignyana 4: pp. 1- 54.

Iriondo, M.H., (1991). El Holoceno en el Litoral. Comunicaciones Museo Provincial de Ciencias Naturales “F. Ameghino” (Nueva Seire), 3 (1): pp. 1-40.

Lambert, R., (1940). Memoria explicativa de un mapa geológico de reconocimiento del Departamento de Paysandú y de los alrededores de Salto. Instituto Geológico del Uruguay Boletín 27b: pp. 1-41. Montevideo.

LCV s.r.l. (2010) Dellatorre, F., Rosales S., Schelotto M. YPF S.A. Sondeos Basavilbaso, Diamante, La Paz, Villaguay, Santa Rosa de Calchines y El Dorado. Recortes de perforación. Estudio litológico - 19 pp

LCV s.r.l. (2011) Sesé, M., Schelotto M. YPF S.A. - Sondeo Pozo Termal Concordia 2 - Recortes de Perforación Mesozoico Provincia de Entre Ríos Estudio Litológico 5 pp. Inédito.

León Fábregas A, Fernández Rubio R, Baquero Úbeda J.C., Lorca Fernández D- (2005) Controles de obra en sondeos de captación de agua a circulación inversa.- 15 pp. M - I Drilling Fluids Engineering Manual (2001) Capítulo 2. pp 1 a 12.

Lindal, B., (1973). Industrial and other applications of geothermal energy. In: Armstead, H.C.H., ed., Geothermal Energy, UNESCO, Paris, pp.135—148.

Mársico, D. Benítez J. (2001) Pozo Termal Concepción del Uruguay.-1 ER .Inédito. 10 pp.

Mársico, D. (2005). Informe Geológico Técnico Perforación Basavilbaso 1- 15 pp. Inédito.

Mársico, D. Benítez, J. (2006). Ensayos a pozo abierto en el sondeo Gualeguaychú 1 Inédito. 5 pp.

Mársico, D. (2007). “Aportes al conocimiento geohidrológico del borde oriental de la cuenca chacoparanaense en la provincia de Entre Ríos”. V Congreso Argentino de Hidrogeología. y III Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Paraná - Entre Ríos. 10 pp.

Mársico, D. (2007) Informe final perforación Diamante 1 15 pp. Inédito.

Mársico, D. (2008) Denominación Técnica de los pozos termales en la provincia de Entre Ríos. ERRTER 3 p. Inédito.

Mársico, D. (2009). “Reseña geológica-técnica de la perforación Santa Rosa de Calchines -1. Provincia de Santa Fe. VI Congreso Argentino de Hidrogeología y IV Seminario Hispano-Latinoamericano. Sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Santa Rosa - La Pampa.

Mársico, D. 2010 Estudio de la influencia que las explotaciones termales producen en la composición físico-química del Río Gualeguaychú” .IV Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo (UMS 10). Coruña, 14 -16 de julio de 2010. 10 pp.

Mársico, D. Díaz, E., Sosa, D. (2011). Los sondeos eléctricos verticales y su aplicación en la prospección de aguas termominerales en la provincia de Entre Ríos. VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea. Salta. 10 pp.

Mársico, D., Pulido Bosch, A., Vallejos A (2011) La hidroquímica de los acuíferos profundos en la provincia de Entre Ríos VII Congreso Argentino de Hidrogeología y V Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea 10 pp.

Mársico, D. (2012) Regulación y preservación del recurso termal en la provincia de Entre Ríos (Argentina) - XI Congreso Latinoamericano de Hidrogeología y IV Congreso Colombiano de Hidrogeología Cartagena de Indias (Colombia) 10 pp.

Metzler, C. (2010). Informe Ambiental. Tratamiento y disposición del efluente termal Termas de Basavilbaso S.A. Ciudad Spa. Basavilbaso Argentina Inédito. 9 pp.

Michelson, H. (2001) Las Posibilidades de Explotar las Aguas Subterráneas en la Colonia Avigdor. Entre Ríos, Argentina.

Mingramm, A., (1965). Abandono del pozo estratigráfico F. MB. 1 - Mariano Boedo (Formosa). YPF, Buenos Aires. Inédito.

Ministerio de Economía de la Nación. (1969/70). Resolución 59 (E) Energía, p: 3010/12. Buenos Aires.

Montaño, J.; Da Rosa, E.; Hernández, M. (2005). Características hidrogeológicas del Acuífero Transfronterizo Guaraní. 13 pp.

Oleaga, A., Corbo, F. (2005) Prospección geofísica mediante técnicas magneto telúricas -Perforación profunda de Basavilbaso (ER-RA).Proyecto: Investigación geofísica de la estructura geológica de la cuenca Chaco-Paranense, en un área centrada en las ciudades Salto (Uruguay) y Concordia (Argentina).Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay. Unidad Académica Concordia, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Orellana, E (1984). Prospección Eléctrica por corriente continua. Editorial Paraninfo, Madrid. 523 pág.

Padula y Mingramm (1968) Estratigrafía, distribución y cuadro geotectónico-sedimentario del "Triásico" en el subsuelo de la llanura Chaco-Paranense. 3as. Jornadas Geológicas Argentinas Actas 1: pp. 291-331, Buenos Aires.

Ponti y Asociados (2008). Perfilaje final perforación Concordia 3. Inédito.

P&T Consultora SRL (2007). Caracterización geológica del Sistema Acuífero Guaraní – Transectas Geológicas de Argentina- Tomo 1 Volumen 2 carpeta 6.

Reig, O., (1956). Sobre la posición sistemática de "Zygolestes paranensis" Amegh. y de "Zygolestes entrerrianus" Amegh. Centro de Estudiantes del Doctorado en Ciencias Naturales de Buenos Aires. Revista Holmbergia 5 (12-13) pp. 209-226, Buenos Aires.

Resett, R. S. (2005) Estudio de Prefactibilidad para la explotación del recurso termal. Municipalidad de Paraná. Entre Ríos. Inédito.

Resett, R. S. (2008) Estudio de Prefactibilidad para la explotación del recurso termal. Municipalidad de Ubajay. Entre Ríos. Inédito.

Rimoldi, H. (1963). Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Estudio geológico-geotectónico para la presa de compensación proyectada en el Paso Hervidero (provincia de Entre Ríos). 1as. Jornadas Geológicas Argentina, Actas 2: pp. 287-310, Buenos Aires.

Robles, D (2000). Apuntes personales sobre "Historia de la evolución de las siglas de pozos en las distintas cuencas de Argentina, desde los primeros cateos hasta la actualidad". Buenos Aires. Inédito.

Robles, D., (2002 a) Las siglas de los pozos petroleros. Su reglamentación y uso correcto, en XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate, actas: tomo III, pp. 3-11.

Sala, J. y Auge M (1970) "Algunas características geohidrológicas del noreste de la Provincia de Buenos Aires". Cuartas Jornadas Geológicas Argentinas. 2: 321-336.

Sánchez, J. R.; Cao, A. M. M.; González, J. C. (2002). El turismo, la salud y la industria especializada a partir de los recursos termales de la provincia de Entre Ríos. Informe Final. Expediente CFI 4896 III Etapa. Entre Ríos.

Sanguinetti, J., Leynaud, G. y Culó E. (2008). Informe factibilidad de Explotación Parque Acuático Termal. Victoria del agua S.A. Inédito.

Santa Cruz, J.N. (2009). Revista CIENCIA HOY Volumen 19 número 12 Ubicación del área del SAG en los cuatro países y extensiones (Fuente LEBAC-PSAG Sistema Acuífero Guaraní El conocimiento hidrogeológico para su uso sostenible Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

SEGEMAR Servicio Geológico Minero Argentino – IGRM Instituto de Geología y Recursos Minerales. Departamento de Geotermia (2000) Control y supervisión de perforación geotérmica. Chajarí, Entre Ríos 19 pp. Inédito.

SEGEMAR Servicio Geológico Minero Argentino – IGRM Instituto de Geología y Recursos Minerales. Departamento de Geotermia (2001) Informe perforación María Grande. Inédito.

SEGEMAR. Servicio Geológico Minero de la Republica Argentina. IRN. Entre Ríos. (2011). Consulta en www.segemar.gov.ar.

Silva Busso, A (1999). Contribución al Conocimiento de la Geología e Hidrogeología del Sistema Acuífero Termal de la Cuenca Chacoparanense Oriental Argentina- Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Sistema de Información Geográfica de los Recursos Hídricos de Entre Ríos SIGHER (2003) Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos.

Stockli, F. (2003). Informe Final y Control Geológico Perforación Villaguay 1.

Tófalo, O (1988). Análisis petrográfico Perforación Gualeguaychú 2. Inédito 3 pp.

YPF (1971) Exanimación de muestras (cuttings) de pozos. Editado por el departamento de Investigación y desarrollo. Florencio Varela Buenos Aires. 37 pp.

Yrigoyen, M., (1975). Geología del Subsuelo y Plataforma Continental. 6º Congreso Geológico Argentino, Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires: pp.139-168, Buenos Aires.

Vademécum de Aguas Termales de Entre Ríos - VATER, (2008) ERRTER - UNER- CAFESG- ARN- AECID. Publicación de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Facultad Nacional de Ciencias de la Salud, Especialización en Termalismo y del Ente Regulador de los Recursos Termales de Entre Ríos (ERRTER).104 pp.

Walther, K., (1911) Uber Permotriassiche Sandsteine und Eruptivdecken ausdem Norden der Republik Uruguay. Neues Jahrbuch Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilage Band 31: pp. 575-609, Stuttgart

APORTES A LA PERSPECTIVA GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA REGIONAL EN EL SECTOR CENTRO ESTE DE LA CUENCA CHACOPAMPEANA

Este trabajo está dedicado aquellos profesionales, técnicos, perforistas y personal obrero, a los inversores, a las autoridades municipales y provinciales y a todas aquellas personas que de una manera u otra dedicaron sus esfuerzos y apostaron para que la provincia cuente hoy con un recurso que hasta hace unos pocos años atrás se pensaba inexistente.

